Aus der konservierenden Abteilung des Zahnärztlichen Instituts
der Universität Berlin
Leiter: Prof. Dr. Eugen Wannenmacher

# Diffusion und Quellung als Vitalitätsnachweis des Schmelzes

**INAUGURAL-DISSERTATION**

**zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin**

vorgelegt von

Ruth Müller
Zahnärztin aus Bad Freienwalde/Oder

Tag der Promotion: 16. Dezember 1937

VERLAG RUDOLPH PFAU, BERLIN NW. 7, LUISENSTR. 21

M 401

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

---

Dekan: Prof. Dr. Siebeck
Referent: Prof. Dr. Wannenmacher
Korreferent: Prof. Dr. Schröder

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Der Zahnschmelz, eine einzig dastehende Bildung des menschlich-tierischen Organismus, zeichnet sich durch seine Härte, Wasserarmut, den hohen Mineralgehalt und Mangel an organischer Substanz vor allen anderen Geweben aus.

In der Forschungsarbeit hat er viel Mühe und harte Meinungsverschiedenheiten ausgelöst. Obwohl von lebender Materie gebildet, ist bis heute noch nicht entschieden, ob er als totes oder lebendes Gewebe aufzufassen ist. Namhafteste Autoren haben sich um eine Klärung dieser Frage bemüht, aber nirgends berichtet die Literatur über eine allgemein anerkannte Entscheidung.

Die Befürworter des Schmelzvitalismus stehen den krassen Verneinern, und solchen gemilderterer Auffassung gegenüber. Während erstere bedingungslos eine Einschaltung des Schmelzes in den allgemeinen Säftestrom des Körpers verfechten und ihm volle Lebenseigenschaften zuerkennen, sich auf klinische Erscheinungen und Experimente stützen, lehnen die Gegner diese Theorie ab. Auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Tatsache und der Ergebnisse derselben angewandten Experimente beweisen sie das Gegenteil. Die gemildertere Partei schließt den Kompromiß, daß sie einen teilweise herabgesetzten Stoffwechsel annimmt, und sich zwischen die scharfe Gegnerschaft stellt.

In dieser Arbeit steht auch die Frage nach dem Leben oder Totsein des Schmelzes im Vordergrund, d. h. ob er Anteil an den funktionellen Vorgängen des Organismus nimmt, oder ob er inmitten wechselvoller Abläufe ohne Vitalität dasteht. Darum können strukturelle Streitfragen um den Schmelz nur soweit erwähnt werden, als es zum Verständnis der Arbeit erforderlich ist.

Die Frage nach dem Leben oder Totsein des Schmelzes erfordert zunächst einen kurzen Aufriß über die von der Biologie gelehrten Geschehnisse, die das Leben dokumentieren. Abläufe, die in der Norm in den Organen selbst und ihren Bausteinen, den Zellen, hervortreten und stets dieselben bleiben. — Leben heißt Tätigsein sowohl des Gesamtorganismus als auch des Zellorgans.

Nahrungsaufnahme
Verdauung
Resorption
Atmung, bezw. Zellatmung
Stoffwechsel { Assimilation, Dissimilation = die Umsetzung von Körperbestandteilen.
Reaktionen
Fortpflanzung
Wachstum
Regeneration

spielen sich im gesunden Zustand unter normalen Umständen in gesetzmäßiger Folge ab. Bei Wachstum, Zelldifferenzierung und Zellteilung fällt dem Zellkern die Hauptrolle zu. Die anderen Lebensäußerungen sind an das Protoplasma gebunden, den Zellinhalt. Es ist eine schleimige, zähflüssige Substanz; es wird als kolloidales Gemenge aufgefaßt, das aus komplizierten Eiweißkörpern, Fetten, Lipoiden, Glykogen, anorganischen Stoffen und Fermenten besteht. — Durch chemische und physikalisch-chemische Vorgänge an der Zelloberfläche und in ihrem Inneren werden Reaktionen ausgelöst, die den Lebensfluß im Organismus im Gleichgewicht halten. — Fragen wir nach diesen Geschehnissen im Schmelz, rollen wir die widersprechendsten Hypothesen und experimentellen Ergebnisse auf. Wie weit diese Lebenseigenschaften auch in den Schmelz hineinzudenken sind, verdeutlicht am eindrucksvollsten die chemische Analyse und das histologische Bild.

Ueber den Schmelz ist uns bekannt: Schmelz und Sch-O-H sind ektodermalen Ursprungs, während die anderen Hartsubstanzen vom Mesoderm stammen.

## Schmelzanalyse.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Schmelz Neugeborener nach: | | | |
| 1. Kopsch | phosphorsaurer Kalk | = | 75,23 |
| | kohlensaurer Kalk | = | 7,18 |
| | Chlorcalcium | = | 0,23 |
| | phosphorsaures Magnesium | = | 1,72 |
| | Organische Stoffe | = | 15,59 |
| | | | (Hoppe-Seyler) |
| Schmelz Erwachsener nach: | | | |
| 2. Port-Euler | phosphorsaurer Kalk | = | 90% |
| | Organische Stubstanzen | = | 2—4% |

Die restlichen Prozente werden von den anderen Salzen behauptet.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3. Bertz | Organische Substanzen | = | 6,822% |
| | Kalk | = | 50,224% |
| | Magnesia | = | 0,732% |
| | phosphorsaures Anhydrid | = | 40,693% |
| | Schwefel | = | 0,296% |
| | Fluor | = | 1,089% |

Auf röntgenographischen Wegen wurde von Groß und Thewils der Apatit als Hauptbestandteil von Schmelz und Dentin festgestellt. Im Zahnbein fanden sie die Apatitkristalle in regelloser Anordnung, im Schmelz dagegen lagen sie mit ihren Kristallachsen parallel zueinander. Die Apatite sind Doppelsalze des Ca-Phosphats mit:

Ca-Carbonat
-Chlorid
-Fluorid
-Hydroxyd

In beiden Fällen decken sich die organischen Befunde.

Histologisch ist das Wichtigste, daß sich nirgends eine einzige Zelle feststellen läßt, also an den biologischen Forderungen gemessen, von vornherein ein aktiver Stoffaustausch im Schmelz unmöglich erscheint. Auf Grund dieser Tatsachen werden allgemein und auch von den Vitalisten dem Schmelz folgende Eigenschaften abgesprochen:

Wachstum
Regeneration
Zellatmung

} Denn nach erfolgter Ausdifferenzierung sind auch die Schmelzbildungszellen verbraucht, und eine nachträgliche Schmelzapposition ist nicht mehr möglich.

Umstritten sind:

Reaktion
Stoffwechsel.

Erregbarkeit und Reizbarkeit rufen am lebenden Organismus eine Umstellung hervor, eine Reaktion, die ein bedeutendes Merkmal gegenüber der unbelebten Materie ist.

Unter Stoffwechsel versteht die Physiologie = „die Lehre von den Lebensäußerungen der Organismen," daß Stoffe aus der Umgebung aufgenommen, zu Bestandteilen des eigenen Körpers gemacht werden. Unter frei werden von Energien werden sie umgesetzt und assimiliert; andere verbrauchte Stoffe an die Umgebung abgegeben, dissimiliert. Diese Vorgänge halten sich das Gleichgewicht, so daß die lebende Substanz mit der gleichen Schnelligkeit, mit der sie verbraucht wird, eine Neubildung erfährt. — Nun, wo dem Schmelz einstimmig die meisten aktiven Lebensäußerungen abgesprochen wer-

den, ist die Stoffwechselfrage des Schmelzes Kernpunkt des Vitalitätsproblems geworden.

Dem Entscheid über diese Frage ist so große Bedeutung beizumessen, weil damit die Vitalität des Schmelzes steht oder fällt. Die ganze Entwicklung, die die Forschung nimmt, wird auch stets eine Auswirkung auf dem Gebiet der Kariesforschung nach sich ziehen. Denn die Frage nach dem Stoffwechsel rollt darüber hinaus die Fragen nach den internen Entstehungsmomenten der Karies, der Prophylaxe und Therapie auf. Bei nachgewiesener Vitalität genügt es dann nicht mehr, die äußeren Faktoren zu kennen, die eine Karies bedingen. Dann steht man vor dem Rätsel, welche Vorgänge sich im lebenden Schmelz abspielen, die eine so zerstörende Erkrankung eines so wichtigen Organs widerstandslos zulassen. Um der Krankheit Einhalt zu tun, genügt es dann auch nicht, nur die Symptome in allen Möglichkeiten zu kennen, sondern auch das Versagen des Hemmungsfaktors. Gegen die Krankheit kann erst dann erfolgreich eingeschritten werden, wenn man durch frühzeitig angewandte biologische Methoden das Zahnorgan vor Verfall bewahrt; andererseits, wie bei jedem anderen Organ krankhafte Anfänge völlig ausheilen kann. Bei negativem Entscheid wären alle Versuche umsonst, auf anderen als rein technischen Wegen, das Fortschreiten der Karies zu beeinflussen.

Bei dem Stoffwechsel des Zahnschmelzes wollen nun die Vitalisten den Kalkstoffwechsel nachweisen, denn sie nehmen einen An- und Abbau von Kalksalzen an, da darin die Erklärung für die zeitliche Kariesdispositon zu suchen seien soll. Sie glauben, daß sich im Schmelz ebenso wie auch sonst im Organismus Lebensvorgänge abspielen müssen. — Wie jedem Organ im Körper seine notwendigen Aufbaustoffe zum Ersatz abgenutzter Organbestandteile, bezw. Zellbestandteile, auf wohlorganisierten Transportwegen, den Blut- und Lymphbahnen, zugeführt werden, lag es nahe, analoge Verhältnisse im Zahnorgan zu vermuten. — Das Zement und Dentin werden einstimmig in das lebendige Gebäude, auch von den Gegnern, miteingeschlossen. Nach vollständig abgeschlossener Zahnentwicklung treten am posteruptiven Zahn aus den verschiedensten Anlässen während der Gesundheit und Krankheit, Dentin- und Zementneubildungen auf; also eine auf Lebensimpuls beruhende Reaktion. Erstere kann bis zu einer vollständigen Ausfüllung der Pulpenkanäle gesteigert sein; letzteres kann, allerdings oft durch krankhaft gesteigerte Tätigkeit, zur vollständigen Vereinigung Zement-Knochen führen.

Für diese beiden Gewebe lassen sich Substanzverschiebungen makroskopisch und mikroskopisch beweisen. Die Zufuhr von Nahrung erfolgt von der Pulpa her durch die Odontoblasten und deren Fortsätze in den Dentinkanälchen. Als Abwehr- und Schutzmaßnahme erfolgt die Bildung von Reizdentin und der transparenten Zone bei Karies. — Rätselvoller sind die Vorgänge im Schmelz. Die Vitalisten appellieren an den Verstand und führen an, daß ein bis ins Kleinste lebendiges Ganzes doch nicht ausgerechnet ein einziges Gewebe unbelebt fortdauern läßt. Als Vertreter sei Westin zitiert, der zusammenfassend sagt: daß der Zahnschmelz, der während der Bildung allgemein als lebendes Gewebe gilt, nach seinem Durchbruch doch nicht als „toter, d. h. nekrotischer" Teil des Körpers aufgefaßt werden könne. Er schließt den Kompromiß, daß, wenn auch geringe, so doch Lebensäußerungen vorhanden sind. Aus Bildern entnimmt er, daß vom Dentin aus ziemlich weit in den Schmelz kollagene Fasern sich zwischen den Prismen erstrecken. Er überträgt die Häggquist'sche Knochentheorie auf den Zahn. Er nimmt auch für den Zahn ein Syncytium, d. h. eine einzige „Protoplasmaachse" mit innerem Zusammenhang an. Die Verkalkung der einzelnen Teile erfolge auf verschiedene Weise. Sie können umgekehrt auch entkalkt werden. Somit fände ein innerer Umbau statt.

Nach dem Gesagten bleibt nur der geringe Prozentsatz, des organischen Anteils, der allein die Wege und Bahnen eines eventuellen Zuführungssystems darstellt, oder enthält. Auch die Schmelzvitalisten haben sich nun begnügt, auch nur irgendwelche vorkommenden organischen Substanzen zu diesem Lebensvermittler zu erheben.

Man unterscheidet bei dem Stoffwechsel des Zahnschmelzes zwei Theorien:

1. die endogene,
2. die exogene.

Die endogene Theorie nimmt die Fortleitung von Nähr- und Aufbaustoffen über die Pulpa, Odontoblastenfortsätze und organischen Gebilde in der Schmelzsubstanz an; ebenso rückläufig eine „Auslaugung" der Kalksalze auf demselben Wege.

Die exogene lehnt auf Grund der histogenetischen Kenntnisse den Weg ab. Der Schmelz, der aus ektodermaler Matrix gebildet wird und sich zentrifugal entwickelt, von seinem Muttergewebe ernährt wird (zentripetal), löst sich nach der Ausdifferenzierung ganz von ihm. Das Dentin, mesodermalen Ursprungs, entwickelt sich von ihm

fort. Die Ernährung erfolgt zentrifugal; daß sein Ernährungsstrom nun nach dem Durchbruch des Zahnes plötzlich den Schmelz mitversorgen soll, (nach Ansicht der endogenen Theorie), das lehnt die zweite ab. Sie nimmt eine Versorgung von außen an, die durch den Speichel herangeführt wird. Die Anhänger vertreten die exogene Remineralisation.

### *Verteilung der organischen Substanz.*

Es muß vorausgeschickt werden, daß auch auf diesem Gebiet noch durchaus keine einheitliche Meinung vorliegt. Sowohl die Menge als Verteilung der organischen Substanz ist noch umstritten. Die heute am häufigsten angewandte Methode, das organische Gerüst im Schmelz zur Darstellung zu bringen, ist die Entkalkung von Schliffen unter dem Mikroskop.

Ab Schmelz-Dentingrenze werden als organische Anteile des Schmelzes genannt:

1. in den Schmelz übertretende Odontoblastenfortsätze des Dentins;
2. kolbenförmige Fortsätze;
3. Lamellen;
4. Büschel;
5. Retzius-Streifen;
6. und abgrenzend das Sch-O-H. (Schmelzoberhäutchen.)

Als tatsächliche Fortsätze von Dentingebilden im Schmelz gelten einfache und kolbenförmige Fortsätze an der Schmelz-Dentingrenze.

Die kolbenförmigen Fortsätze stellen vor, nach:

*Walkhoff:* unverkalkte Dentingrundsubstanz,

*Meyer:* kolbenförmige Auftreibung der Kanäle bezw. ihres Inhalts,

*Euler:* Dentingrundsubstanz mit einem oder mehreren Odontoblastenfortsätzen,

*Orbán:* durch Resorptionsvorgänge an der Dentinperipherie freigelegte Odontoblastenfortsätze,

*Faber:* Erweiterung der Dentinkanälchen. Membranöse Auskleidung stammt von der Neumannschen Scheide. Odontoblasten ziehen hindurch.

nach: *Meyer:* endigen solche übertretenden Dentinkanälchen entweder im Prisma oder in der interprismatischen Substanz.

*Smreker:* fand, daß sie sich vor ihrem Durchtritt in den Schmelz zu 2 bis 5 Zweigen aufspalten, daß 2 Kanälchen auf je ein Prisma fallen und in verschiedenen Richtungen ziehen. Er verfolgte sie bis in die unverkalkte Kittsubstanz oder Prismenscheide, nur selten in der verkalkten I. P. S., aber nie fand er sie in die Grundsubstanz eines Prismas münden.

*Ueber Schmelz-Lamellen.*

*Boedecker:* 1909 berichtete er zum erstenmal über diese Gebilde und gab ihnen den noch heute beibehaltenen Namen. Er hält Lamellen für kompakte organische Gebilde, in denen kein mineralischer Anteil mehr zu finden ist. Sie beginnen an der Sch-D-Grenze, durchziehen die ganze Schmelzbreite und hängen mit dem Sch-O-H zusammen.

*Fish:* bestätigt diesen Befund.

*Walkhoff:* Nach ihm stellen sie Drehungen und Windungen von Gruppen mangelhaft verkalkter Schmelzprismen dar.

*v. Ebner* hält Lamellen für ein Kunstprodukt; bei Herstellung von Schliffen soll in Partien unverkalkt gebliebener Kittsubstanz, Luft eingedrungen sein; im Mikroskop erhält man dann ein schwarzes Streifenbild.

*Euler:* führt die Lamellen auf „weniger verkalkte I. P. S." zurück. Vom Zahnhals aus sollen sie zur Krone ziehen. Prismen in der Umgebung weisen gleichfalls eine geringere Verkalkung auf. Die Verbindung zum Sch-O-H bestätigt er auch. Sogenannte Dentinanteile der Lamellen dagegen sollen ein optischer Trugschluß sein. An den Lamellen entlanglaufende Sprünge erscheinen dann oft als deren Fortsetzung. Nur die Entkalkung entscheidet.

*Meyer:* deutet sie als unverkalkt gebliebene I. P. S.

Gottlieb: lehnt Ebners und Eulers Theorie ab. Er führt sie auf Sprungbildungen im Schmelz des Keimes zurück, in die das äußere Schmelzepithel hineinwuchert. Der periphere Anteil der Lamellen stellte sich als in gleicher Weise verhornt dar, wie die Cuticula dentis.

*Siegmund* und *Weber:* vertreten dieselbe Entstehungsursache.

*Faber:* hält sie für nichtverkalkte organische Substanz.

*Orbán:* unterscheidet zwei Arten der Lamellen:

1. durch Zerrung, und dadurch ausbleibende Verkalkung der I. P. S. gebildet.

2. Durch Sprungbildungen und nachträgliches Hineinwuchern des Epithels entstanden. Hier kann auch ein Dentinanteil vorhanden sein, wenn der Sprung soweit verlief.

Die Lamellen hält er für eine posteruptive Bildung.

*Weidenreich:* faßt die Lamellen auf Grund seiner Ergebnisse als Faserbündel auf, die aus dem Dentin heraustreten, zwischen den Schmelzprismen hindurchziehen, (interprismatisch gelagert) und an der Schmelzoberfläche endigen.

*Akamatsu, Pickerill, Niedergesäß* und *Schwarz* haben sie als Sprünge gedeutet und auf traumatische oder Temperatureinflüsse zurückgeführt.

### *Ueber Schmelz-Büschel.*

*Boedecker:* 1909 erklärte sie für verwandte Bildungen der Lamellen. Der Anfang liegt an der Sch-D-Grenze, $^1/_4$—$^1/_6$ der Schmelzbreite durchdringen sie.

*Miller:* sah im mikroskopischen Bild „zarte, feine Risse" an der Sch-D-Grenze beginnen. Der Entkalkungsvorgang entschleierte „dunkle, verzweigte Fibrillen".

*Morgenstern:* sprach nicht von Lamellen und Büscheln, sondern Spaltfasern und Spurstreifen, und hielt sie für mangelhaft verkalkte Kittfibrillen.

*v. Ebner* und *Fleischmann* nehmen unverkalkt gebliebene Kittsubstanz an.

*Meyer:* wieder unverkalkte I. P. S.

*Brammer* und *Brauer:* deuten sie als „mangelhaft verkalkte Schmelzprismen." Anfangs verlaufen sie geschlossen und teilen sich später auf.

*Weidenreich:* hält sie auch für verwandte Bildungen der Lamellen, aber feinere und kürzere Fasern bezw. Fibrillen. Im Dentinursprung sollen sie gedreht, im Schmelz büschelförmig ausgebreitet auftreten. Er fand eine auffällige Regelmäßigkeit und kann sie darum nicht für Kunstprodukte halten.

*Port-Euler:* beobachteten sie als Blätter „minderverkalkter I. P. S."

*Faber:* legte sie als unverkalkte bezw. wenig verkalkte Prismen aus.

*Akamatsu:* an Hand vorsichtig und unvorsichtig behandelter Schliffe stellte er sie als Artefakte fest. Lange und kurze Fasern und -Bündel, die er auch an der Sch-D-Grenze gesehen hat, hält er aber für unverkalkte organische Bestandteile des Schmelzes, und als solche, als Prädilektionsstellen für Sprungbildungen.

*Beust:* Infolge der „regelmäßigen anatomischen Anordnung", in der sie den Schmelz von der Kronenspitze bis nahe zur „amelozementalen Verbindung" durchziehen, kann er sie nicht für Defekte halten.

*Orbán:* schließt sich ihm an, und sieht sogar eine regelmäßige Einteilung des Schmelzes in parallele Abschnitte durch sie zustandekommen.

### *Retzius-Streifen.*

An Zahnschliffen zeigen sich mikroskopisch bräunliche Parallelstreifen im Schmelz. Als Ursache werden angenommen:

1. entweder eine Beimischung von Pigment,
2. oder sie sind ein Ausdruck für schichtweise Bildungen des Schmelzes.

*v. Ebner:* hält sie für Stellen stärkerer Mengen Kittsubstanz.

*Siegmund* und *Weber:* halten sie für den Ausdruck rythmischer Verkalkungsvorgänge während des Wachstums.

*Christoff:* fand sie am Rande als gehäuft auftretende Menge schlecht verkalkter Gebilde.

*Weidenreich, Faber, Brammer* und *Köhler:* nach ihnen erweisen sich die Retzius-Streifen nach der Entkalkung des Schmelzes als organische Gebilde.

### *Ueber das Schmelz-Oberhäutchen,*

sei auch eine ausgewählte Zusammenstellung gebracht, weil es schon im Zusammenhang mit den Lamellen erwähnt wurde, und besonders auf dem Gebiet der Remineralisationstheorien eine Hauptrolle spielt. Wie auch die späteren Ausführungen zeigen werden, ist sein Verhalten bei den Experimenten von Bedeutung, die zur Klärung der von außen herantretenden Einflüsse unternommen wurden.

Das Sch-O-H ist ein nur sehr dünnes verhorntes Häutchen (1—2 $\mu$). An unversehrten Zähnen bedeckt es die ganze Krone; bei älteren dagegen besteht keine Verbindung mehr.

*v. Ebner:* faßt es als zuletzt gebildetes Produkt von den Ameloblasten auf, aber es sei nicht fertig ausdifferenziert.

*Port-Euler:* nach ihnen besteht es vor allem aus organischer Substanz. Es soll verhornt sein und nur ganz selten schwache Kalkablagerungen in es hinein erfolgen. Eine große Widerstandskraft soll es gegen Säuren und Alkalien besitzen. Kleiner ist der Widerstand gegen dauernd einwirkende Traumen. Das Sch-O-H geht im Gegenbiß bald verloren.

*Orbán* und *Gottlieb:* unterscheiden ein primäres und sekundäres Sch-O-H. Das primäre gilt als letztes Produkt der Ameloblasten. Es soll verkalken können und sich dann wenig von den anliegenden Schmelzpartien unterscheiden. Während der Entkalkung geht es wie der Schmelz zugrunde. Das sekundäre dagegen ist als das Umwandlungsprodukt des äußeren Schmelzepithels, bezw. des Epithelansatzes, aufzufassen. Es erweist sich als Hornsubstanz. Orbán betrachtet sein Auftreten als physiologischen Vorgang.

Während die organischen Anteile des Schmelzes verständlicherweise in allererster Linie der Kritik unterzogen werden, wie weit sie dem Ernährungsvorgang dienen, werden darüber hinaus auch die interprismatische Substanz- oder Kittsubstanz, und die die Schmelzprismen zunächst umgebende Substanz von verschiedenen Autoren mit in dieses Problem einbezogen. Nach dem heutigen Stand der Schmelzhistologie beträgt die organische I. P. S. nur 0,5 Mikron. Die Ansichten einzelner Autoren zeigen auch hier wieder, wie verschieden die Auffassung über den Aufbau und die Funktion dieser Substanzen ist; aber auch, daß jedes Teilgebiet der Schmelzforschung noch nicht geklärt ist.

*Smreker* und *v. Ebner* fassen die I. P. S. der Funktion nach als Kittsubstanz auf. Im normalen Zustand ist sie gut verkalkt. Strukturell gleicht sie den Prismen. Die massive Kittsubstanz soll zum größten Teil homogen verkalken. Unverkalkt bleibt sie dicht am Prisma.

*Walkhoff:* leugnet die Existenz der Kittsubstanz überhaupt.

*Meyer:* führt als ihre vorgebildete Matrix die „Interzellularbrücken der Ganoblasten" an.

*Port-Euler:* fanden die I. P. S. normalerweise verkalkt. Bei starker Vergrößerung zeigten sich Fäden, die sie von einem Prisma zum anderen durchziehen. Den Ausdruck Kittsubstanz lehnen sie ab, weil sie nicht beweisen können, daß diese Kittsubstanz auch wirklich eine „Kittfunktion" ausübt.

In nächster Nähe der Prismen wird von einem *„dunklen Saum"* gesprochen. Er soll organische, weniger verkalkte Substanz darstellen.

*Weidenreich:* spricht als Randzone von ihm, dagegen fassen ausländische Autoren, besonders Amerikaner und Engländer ihn als besondere Scheide auf.

Applebaum, Boedecker, Nishimura, Cape, Mummery, Fish, Lohrer, Marcus, Held, Kato, Kitchin, Orbán sprechen von Scheide, Schlauch, Hülse. Unter ihnen sehen *Lohrer* und *Marcus* einen genetischen und geweblichen Zusammenhang der organischen Prismenhaut mit den Dentinfortsätzen. *Kato* stellt sich die Schmelzprismen als Röhren vor, diese wiederum glaubt er von einer Scheide aus Dentinfibrillen umgeben. Durch sogenannte Interkollumnarbrücken soll er mit der Umhüllung der Nachbarprismen im Zusammenhang stehen. Die Querstreifung der Prismen, die auch als Stellen geringerer Verkalkung gelten, grenzen an diesen dunklen Saum.

So kann nach dieser Darstellung ein gedachter Weg über geringer verkalkte, organische Substanzen bis ins Prisma hinein angenommen werden. — Jedes, im fertig gebildeten Schmelz vorhandene Gebilde fußt auf einem, während der Entwicklungszeit bestehendem Vorbild. So werden sich gegenübergestellt:

1. Schmelzprisma = Zellkörper der Ameloblasten,
2. Organische Umhüllung = Zellmembran,
3. I. P. S = Interzellularsubstanz.
4. Interkolumnarbrücken = Interzellularbrücken.

Als Abschluß der Fragestellungen, um organische Elemente im Zahnschmelz, die einen Stoffwechsel fördern könnten, bringe ich noch eine der neuesten Darstellungen.

*Keil:* Er stellte auch durch übliche Entkalkung unter dem Mikroskop die Gewebe dar. Er betont, daß nicht Büschel und Lamellen allein als organisch zu gelten haben, sondern ein viel umfassenderes Netz den ganzen Schmelz durchzieht. Diese Gesamtheit nach beendeter Entkalkung bezeichnet er als „empfindlichen Film".

*Andresen:* sagt mit anderen Worten gleiches, wenn er von: Kittsubstanz, Lamellen, Sch-O-H erklärt, daß sie ein ungleichmäßiges, aber „zusammenhängendes, ultraporöses, organisches Skelett" darstellen.

Diese organischen Bestandteile im Schmelz bilden nun die Basis, auf der die Schmelzvitalisten ihre Hypothesen, Theorien und Be-

weise aufbauen. Die meisten unter ihnen begnügen sich damit, diesen Substanzen die Befähigung eines Stoffaustausches zuzusprechen, der als Ausdruck vitaler Vorgänge gewertet wird.

An Hand dieser Behauptungen ist es wichtig, sich einmal darüber zu unterrichten, was die Physiologie über die Funktionen vom Protoplasma berichtet, das außerhalb des Zellverbandes vorübergehend bestehen bleibt. „Das Protoplasma ist strukturell und chemisch nicht einheitlich. Das Protoplasma ist Träger des Stoffwechsels, der Reizbarkeit und besondern Lebenstätigkeit jeder Zelle. Kernlose Zellen oder Zellteile können noch vorübergehend ihre spezifische Tätigkeit ausüben, dann sterben sie aber ab und zerfallen. Die Zelle, Kern und Protoplasma bilden also eine funktionelle Einheit; ihre morphologisch unterscheidbaren Teile können getrennt für sich nur kurze Zeit bestehen" (Fischer-Lehnartz).

Im Schmelz würde bei den von den Vitalisten vertretenen Ansichten dann das Protoplasma als lebendes Gebilde gegen sonstiges biologisch-physiologisches Verhalten eine Ausnahme vorstellen. Ein kleiner Teil der Autoren geht in der Behauptung aber weiter. Sie sprechen bereits von einem anatomischen Kanal-Röhrensystem, mittels dessen die Verbindung aller Zahnhartsubstanzen untereinander und darüber hinaus mit dem Gesamtorganismus erhalten bleibt. Ein zuführendes und ableitendes System ist konstruiert.

Bevor ich nun über die beweisführenden Experimente berichte, soll, um die morphologischen Betrachtungen zusammenzuhalten, jetzt nur in diesem Sinn von dem Verlauf der Röhrensysteme im Schmelz berichtet werden.

*Beust:* 1911 trat Beust mit einer Arbeit hervor, in der er über den Nachweis von Kapillaren im menschlichen Schmelz berichtete. Er sprach ihnen eine Spiralform zu. Ihr Anfang liegt an der Sch-D-Grenze in Gestalt eines Bündels. Von dort strahlen sie regelmäßig nach allen Seiten aus. Es soll sich um ein richtiges Kanälchen-Röhrensystem handeln, das wechselseitig verläuft. Dazu zählen die Büschel. Durch ihre anatomisch regelmäßige Anordnung hält er ihre Degradierung zu Defekten für widerlegt.

*Kato:* äußert eine einzig dastehende Vorstellung von der Anlage eines Röhrensystems. Die Retzius-Streifen sieht er als diagonal getroffene Kanäle an.

*Smreker:* Wie schon erwähnt, sollen pro Prisma zwei Dentinkanälchenzweige gegenüberstehen. Sie münden in die unverkalkte Kittsubstanz oder Prismenscheide, selten nur in die verkalkte I. P. S., dagegen nie in die Grundsubstanz eines Prismas selbst. Anastomosen bilden die Kanäle im Schmelz nicht. Dort verlaufen sie, entgegen den geregelten Zügen im Dentin, abweichend. Ihr Verlauf ist bogenförmig bis zu den periprismatischen Räumen; winklig biegen sie dann um, um schließlich im unverkalkten Kittraum zu enden. Die Kanälchenenden sollen meist auf den gewölbten Prismenlängsflächen verlaufen.

*Lohrer:* glaubt, daß Dentinfortsätze die einzelnen Prismen spiralig umwinden. Sein ganz besonders bemerkenswertes Forschungsergebnis ist die Feststellung, daß er Lumen von 0,085 μ bis 0,1 μ berechnete.

*Münch:* stellte zuerst ein eindeutiges System für Beuteltier- und Katzenzähne fest, und schließlich konnte er bis zu einem gewissen Grade ähnliche Vorkommnisse im menschlichen Zahn wiederfinden. Hier sollen die Kanäle ihren Anfang vom Sch-O-H aus nehmen, und in zentraler Richtung zur Sch-D-Grenze verlaufen. Die Schmelzmitte soll reich an aufgegabelten und verästelten Kanälen sein.

*Kromik* und *Chase:* bestätigen *Beust* und *Münch.*

*v. Ebner:* hat in der Kittsubstanz des Schmelzes Kanälchen liegen gefunden; besonders zahlreich in den tieferen Schmelzpartien; gelegentlich treten Verzweigungen auf. An Hand seiner Versuche stellte er fest, daß die Neumannsche Scheide nicht am Aufbau des Kanalsystems beteiligt ist. Niemals blieben nach Schmelzauflösung durch Säuren isolierte Kanälchen stehen. Da die Scheide aber gegen Säureeinflüsse große Widerstandskraft beweist, müßte sich diese Eigenschaft auch hier bewahrheiten.

*Westin:* ist ein sehr weitgehender Vitalist, wie schon sein Ausdruck über die Lebensprozesse in der Einleitung beweisen. Bei der Auswertung seiner Präparate stellte er fest, daß auch am posteruptiven Zahn an der Schmelz-Dentin-Grenze Anbau und Abbau der Schmelzsubstanz erfolgen, die Sch-D-Grenze beweglich ist. Er stellt sich die Funktion derart vor, daß durch die „Tätigkeit des Protoplasmas der Odontoblasten" das Dentin abgebaut wird, und dafür auch auf demselben Wege Schmelz neugebildet.

Die größten Gegner haben diese Theorien in:
*Walkhoff, Türkheim, Hopewell-Smith* gefunden.

Angeregt durch den Verlauf der Auseinandersetzungen auch noch viele andere.

*Hopewell-Smith:* hält den Schmelz für „nichts anderes als eine schön verkalkte Absonderung". Die Eigenschaften, die die moderne Biologie als Zeichen des Lebens ansieht, fehlen ihm. Stoffwechsel, Contraktilität, Atmung, Biosmose, Funktionsträgheit, Anpassung, Vermehrung, Immunisation;

die 4 Wege des Soffwechsels: Wachstum, Selbsterneuerung, Oxydationsvorgänge, Affinität zu bestimmten Stoffen.

ad 1) Zum Wachstum ist Ernährung und Sauerstoffaufnahme erforderlich. Die Ameloblasten verschwinden aber nach Erfüllung ihrer Aufgabe. Infolgedessen kann also niemals neugebildeter Schmelz angelagert werden.

ad 2) Die Selbsterneuerung als Lebensäußerung wird infolge der ständigen Abnutzung notwendig. Die tote Materie ist dazu nicht imstande.

ad 3) Lebendes Gewebe reagiert auf die Sauerstoffschwankungen der umgebenden Luft. Der Schmelz bleibt aber davon unberührt.

ad 4) Affinität zu bestimmten Stoffen liegt auch nicht vor, und jeder Versuch, die Grundlage des Stoffwechsels auf den Schmelz zu übertragen, versagt. Ferner fehlt dem Schmelz jede Reizbarkeit. Weder auf innere noch auf äußere Reize reagiert er aktiv. Desgleichen Kontraktilität, Atmung, Biomose fehlt ihm; auch alle Zeichen biologischer Tätigkeit. Allen mechanischen und Temperatureinflüssen gegenüber verhält er sich passiv. Colyers Einwand, daß Karies infolge physiologischer Tätigkeit einer gesunden Pulpa ausheilen kann, und dieser Vorgang bei pulpenlosen Zähnen nicht beobachtet ist, hält er entgegen, daß der Schmelz nach abgeschlossener Bildung keine Fähigkeit der Substanzerneuerung besitzt, noch die Möglichkeit des Selbstschutzes gegen chemische Einwirkungen = die Immunisation. Also ist er völlig leblos. völlig anorganisch.

Histologisch finden sich weder: Zellen, Fasern, Blutgefäße, Nerven oder Lymphgefäße, d. h. auch: im Schmelz findet sich kein lebendes Protoplasma, darum keine Ernährung. Da kein organischer

Inhalt, fehlen auch die Zeichen vermehrter Ernährung: Hypertrophie; oder der herabgeminderten Ernährung: Atrophie.

„Der einmal fertig gebildete Schmelz kann keiner regressiven Metamorphose unterliegen, er kann sich infolge chemischer Einwirkung auflösen, oder durch physikalische Kraft verloren gehen." Ueber die Sch-D-Grenze hinausgehende Faserbündel und Schmelzbüschel sieht er als Bildungsfehler an. Gegen das Vorhandensein eines Röhrensystems sagt er: daß dann der Schmelz außerordentlich weich und wenig widerstandsfähig gegenüber der Mundflüssigkeit und Bakterien seien würde. Der Schmelz sei weder von innen noch von außen durchlässig.

*Walkhoff:* hält die, nach Durchbruch des Zahnes fortbestehende organische Substanz im Schmelz für mangelhafte, abnorme Verkalkung, und somit für einen Bildungsfehler. Vorkommen einer organischen Kittsubstanz sieht er als locus minoris resistentiae an und nicht wie die Vitalisten glauben, daß sie einen Schutz darstelle; ebenso die Querstreifung der Prismen. Eine schwere Form der Nichtverkalkung sieht er im Fortbestand der Retziusstreifen. Diese Bildungsfehler können allein dann fortbestehen, wenn die Zellen das „notwendige Kalkmaterial" nicht mehr vollständig und in unregelmäßiger Form ablagern. Daß organische Anteile als Puffer gegen mechanische Kräfte wirken sollen, lehnt W. gegen frühere Bejahung heute ab. Die größte Widerstandskraft besitze der Schmelz, hauptsächlich in der zweckmäßigsten Lagerung der Prismen. Die Annahme, daß die organische Substanz im Schmelz als elastisches Polster aufzufassen sei, das die traumatischen Einwirkungen wirkungsvoll abfängt, und so ein unausgeglichenes Aufeinanderprallen starren und weicheren Zahngewebes verhindert, widerlegt Walkhoff durch seine Erfahrungstatsache.

„Es hat sich erwiesen, daß gerade Zähne, deren Schmelz eine größere Menge nichtverkalkter organischer Substanz enthält, zu Absplitterungen und Abrasionen viel mehr neigen, als ein durchweg gut verkalkter Zahn." Walkhoff sieht einen Beweis für das Fehlen eines Kalkstoffwechsels in der Tatsache, daß selbst an Zähnen höheren Alters die schlecht verkalkt gebliebenen organischen Substanzen, während der Dauer des Lebens, nachträglich nicht verkalkt sind und, daß die Lebensvorgänge im Zahnbein nicht so intensiv sind, wie z. B. Faber betont. W. erinnert daran, daß ja die Odontoblasten erst durch starke äußere Reize, zur Reizdentinbildung „aufgepeitscht" werden.

Haben sich bei der Entwicklung der Zähne Infektionskrankheiten abgespielt, registriert sie das Zahnorgan als „innere Hypoplasien". Sie zeigen sich im Schmelz und Dentin in gleicher charakteristischer Weise. Aber sowohl im Schmelz als auch vor allem im Dentin sind nie „reparatorische Vorgänge" erwiesen worden. Daß ein doppelter Ernährungsweg von innen und außen zum Schmelz vorliegt, lehnt er ab. Aber er selbst hat nachweisen können, daß von der Oberfläche durch die organische Matrix Diffusionen ins Zahninnere stattfinden. Die Diffusion kann eine so starke sein, daß Reizreaktionen im Dentin auftreten, aber nie waren solche im Schmelz nachzuweisen.

*Türkheim* setzt sich mit der Klärung der klinischen Symptome auseinander, die als Reaktion auf eine im Körper ablaufende Stoffwechselveränderung gewertet werden, und die auf dem Wege: Blutkreislauf—Pulpa—Dentin—Schmelz verlaufen sollen, wie die Vitalisten glauben. Zum Punkt temporärer Immunität des Gebisses ist von Black nachgewiesen worden, daß bei „immunen und disponiblen Zähnen" bei Dentincaries kein Unterschied des Kalkgehaltes nachzuweisen war; und dieses müsse doch wohl auch für den Schmelz zutreffen. Daß der Schmelz pulpenloser Zähne nach klinischen Beobachtungen angeblich brüchiger wird, führt er einfach auf die Schrumpfungsvorgänge im Dentin zurück. Durch diesen Vorgang wird der Schmelz seiner soliden Basis beraubt und bricht ein. Die beim Schleifen hervorgerufenen angeblichen Reaktionen des Schmelzes widersprechen seinen Erfahrungen, denn nur bei fortdauernd, schlecht gekühltem Schleifprozeß treten die Reaktionen auf. Das sind aber Wärmereaktionen, die zur Pulpa ihre Ableitung finden. Klinisch richtige Schleifmethode geübt, führt diese Auswirkung nicht herbei. Er lehnt die Annahme einer Umkehr der Schmelzernährung nach Durchbruch von Seiten des Dentins ab. Entwicklungsgeschichtlich wird Schmelz während der Bildung von der Schmelzpulpa zentripetal ernährt; Dentin von der Keimpapille zentrifugal. Gegen die Beweisführung der Vitalisten, daß die Verbundenheit der organischen Substanzen ein Säfte-Stoffwechselsystem darstellen sollen, führt er die Unregelmäßigkeit der Erscheinungen an. Welche organischen Elemente es betrifft, ob Büschel oder Lamelle, Retziusstreifen, Kolben, Kanalübergänge, in nichts läßt sich eine sinnvolle, zweckerfüllende Anordnung feststellen.

In Bezug auf die Verkalkungsvorgänge intra vita schließt er sich Walkhoff an und fordert den Nachweis einer nachträglichen Verkalkung in schlecht verkalkten Gebieten. Die Schmelzvitalisten

führen in ihrer Beweisreihe gerne die Schwangerschaftscaries an, die für Abbauvorgänge in den harten bezw. der Schmelzschicht sprechen soll. Die Kalkausschwemmung soll aus dem Schmelz über Dentin, Pulpa in den großen Körperkreislauf erfolgen. Entgegen bestehenden Anschauungen konnte von van den Bergh und Biro vergleichsweise an 150 Schwangeren und 150 Gesunden nachgewiesen werden, daß durchaus keine Cariesdisposition in dieser Zeit festzustellen war.

Die Versuche, die Türkheim und Anhänger durchführten, sollen den Zweck haben, zu beweisen, daß der Schmelz tot ist. Sie lehnen einen Kompromiß ab, einen teilweisen, einen temporären oder abklingenden Stoffwechsel im Schmelz anzuerkennen. Daß dem Schmelz keine lebensbedingte Reaktionsfähigkeit zuzusprechen ist, beweisen ihm die im Laufe des Lebens sich einstellenden Abrasionen. Ohne Gegenreaktion kann es geschehen; ohne „physiologische Reaktion, ausgelöst durch den Kreislauf".

*Experimente und Ergebnisse.*

Die meisten Autoren verarbeiteten zuerst das, was sich ihnen auf ihrem täglichen Arbeitsfeld bot. Die Bedeutung und Auswertung der

1. klinischen Symptome

es folgten

2. die Experimente.

Sie betrafen:

1. Diffusion
2. Permeabilität
3. Osmose
4. Kataphorese
5. Elektroendosmose
6. Vitalfärbung
7. De- und Remineralisationsversuche.

Die klinischen Symptome sind:
nach einer Zusammenstellung von:

I. Beretta

1. „vollkommen gesunde Zähne bei sonst sehr schlechten hygienischen Mundverhältnissen.
2. Ausgezeichnete Mund- und Schleimhautzustände und trotzdem gehäufte Caries.

3. Verschiedene Disposition je nach Alter.
4. Größere Brüchigkeit im Alter.
5. Vorkommen von temporärer Immunität.
6. Zusammenhang von Caries mit bestimmten Allgemeinerkrankungen.
7. Relative Immunität gewisser Zähne.
8. Gleichzeitiges Vorkommen von Caries bei erst durchgebrochenen 6-Jahrmolaren und dabei bestehende Caries-Freiheit der Milchzähne.
9. Systematisches Auftreten von Zahnfäule."

II. de Vecchis

10. „Die bräunliche Verfärbung von Zähnen
11. Selbstheilung von beginnender Caries
12. Brüchigkeit pulpenloser Zähne
13. Hypoplasien bei Tetanie
14. Erosionen bei Rachitis
15. Caries bei vitaminarmer Kost
16. In gleichem Sinne zu werten die hohe Immunität älterer Leute gegen Caries."

III. Weber

17. „Schmelz mit Pulpa hält seinen Turgor aufrecht.
18. Farbveränderungen des Schmelzes trotz lebender Pulpa."

IV. Radošević.

19. „Schmelz toter Zähne ist weniger widerstandsfähig gegen äußere Einflüsse.
20. Schmelz frischer Zähne ist widerstandsfähiger.
21. Schmelz älterer Zähne bekommt leichter Sprünge.
22. Schmelz jüngerer Zähne zeigt weniger Sprünge.
23. Die sogenannte Schwangerschaftscaries."

V. Türkheim.

24. „Jede cariöse Zerstörung beginnt im Schmelz.
25. Die Erkrankung setzt zu bestimmten Zeiten im Leben des Individuums stärker ein = zeitliche Disposition.
26. Es werden nicht alle Individuen gleichmäßig befallen, man beobachtet eine Immunität oder = individuelle Disposition.
27. Es werden nicht alle Zähne gleich stark ergriffen, es läßt sich sowohl in den einzelnen Zahngruppen, als auch in den Bezie-

hungen zwischen Ober- und Unterkiefer eine Gesetzmäßigkeit aufstellen = relative Immunität.

28. Das vielleicht wichtigste Gesetz ergibt sich durch die Beobachtung, daß zwar jede cariöse Erkrankung von einer Retentionsstelle ausgeht, daß dieser Satz aber nicht umkehrbar ist: es braucht sich nicht von jeder Retentionsstelle eine Caries zu entwickeln.

29. Bestehende relative Immunität kann plötzlich abgelöst werden von einer erheblichen Disposition. Bei den gleichen Lebensumständen wird das eine Individuum befallen, das andere bleibt verschont."

So vielseitige Bilder die klinischen Beobachtungen auch boten, so waren die Vermutungen, mit denen man Erklärungen zu geben glaubte, als Beweise von den Gegnern nicht als vollwertig gerechnet. Nicht Ueberlegungen, sondern praktische Beweise forderte die Wissenschaft, besonders weil ja das Objekt weitgehendstes Experimentieren gestattet. Dazu tauchte eine neue Frage auf: welche Rolle der Speichel dabei spielt; welche schädigenden oder begünstigenden Einflüsse er ausübt. Diese Ungewißheiten mußten experimentell zu lösen versucht werden. Jedenfalls wurden die Schwierigkeiten vergrößert, da es zu entscheiden galt, was ist dem inneren, was dem äußeren Einfluß zuzuschreiben.

Um die angenommene Verbindung zwischen Pulpa-Dentin-Schmelz zu kontrollieren, versuchte man in neuerer Zeit, ob vom foramen apicale her Flüssigkeiten die Hartsubstanzen durchwandern.

Es wurden *Diffusionsversuche* angestellt. Im lebenden Organismus stellt die Diffusion den Hergang vor, der eine Zuführung der notwendigen Aufbaustoffe bis zur entferntesten Zelle besorgt. Da aber die Stoffe, um in die Zelle zu gelangen, durch die Zellumhüllung hindurch müssen, wird die Diffusion zur Osmose. Sie bedeutet stets das Passieren einer Membran durch Flüssigkeiten. Nach dem Verhalten der Membran spricht man von einer: permeablen, wenn die Membran nach beiden Seiten völlig durchgängig ist; von einer: semipermeablen, wenn gewisse Sustanzen nur einseitig passieren können; oder zwar Wasser, aber nicht alle darin gelösten Stoffe. Entsprechend der Natur der Lösungen können diese einen verschiedenen osmotischen Druck auf die Membranen ausüben.

Dieselben Vorgänge lassen sich aber auch an unbelebter Materie wiederholen, im physikalischen Experiment. Sie erfolgt ohne äußere Krafteinwirkung, sei es zwischen Flüssigkeiten, Gas und Flüssigkeiten oder Gasen untereinander (Hydro- oder Aero-Dif fusion); bei direkter Berührung der Körper = freie Diffusion gegenannt; ist eine poröse Scheidewand eingeschaltet = membranöse Diffusion. Der Vorgang als solcher, ist noch kein Zeichen des Lebens, sondern wie es Adrion bezeichnet, ist das „ein Austausch von Flüssigkeiten auf kapillarem Wege". Erst die sinnvolle Verwendung des Herangeführten zum Aufbau und Erneuerung läßt den Vorgang als lebende Funktion gelten.

Wie es in der Natur der Dinge liegt, sind die meisten Versuche an toten oder überlebenden Zähnen durchgeführt worden.

Soll eine Verbindung vom Dentin zum Schmelz bestehen, muß auch der Beweis erbracht sein, daß Diffusions- bezw. osmotische Vorgänge sich im Dentin-Zement abspielen.

*Hermann* glaubte es bewiesen zu haben:

1. Toter Zahn, der in Formolalkohol gelegen; gut ausgetrocknetes Pulpencavum; Wurzelspitze wasserdicht verschlossen; so den Zahn in Wasser gebracht; Kontrolle nach 5 Monaten ergab, daß sich Wasser im Cavum befand. Ihm war es ein Beweis für eine Diffusion durch Zement-Dentin.

2. Denselben Versuch mit Phyoktaninlösung angestellt, ergab auch bei Kontrolle ein wasserhaltiges Cavum, keine Farbtönung.

Seine Schlußfolgerung war, daß die Zement-Dentin-Substanz eine semipermeable Membran darstellt, und der ganze Vorgang auf Osmose beruhe, der Zahn also lebt.

*Adrion* wiederholte Hermanns Versuche und zog aus seinen Ergebnissen den Schluß, daß sich die Wurzelkanalwand nicht wie eine semipermeable Membran, sondern wie eine Tonzelle verhält; nicht Osmose, sondern Capillarwirkung vorlag. Seine Versuche mit

Na-nitrit
-sulfat
-chlorid

führten zu dem überraschenden Ergebnis, daß entgegen den osmotischen Gesetzen die angewandten Lösungen, statt des Wassers, die Wurzelkanalwand durchdrangen. Die großen Zeitunterschiede beider Versuche (A. = 2—4 Tage, H. = 5 Monate) ließ ihn auch auf die Richtigkeit seiner Mutmaßung schließen. Sein Versuch an Zähnen mit Natriumnitrit gefüllter Wurzel und einzementierter Capil-

lare zeigte, daß der Flüssigkeitsspiegel statt zu steigen, fiel. Ein bestimmtes Abhängigkeitsverhältnis zwischen Wanddicke und Durchwanderungszeit war erkenntlich. Es ließ sich Natriumnitrit in dem umgebenden Wasser nachweisen. Der Vorgang mit der Pyoktaninlösung deutete er dahin, daß ähnlich wie bei Filtrierpapier oder Tonzelle die Farbpartikel in den Poren zurückgehalten werden, und die Lösung passiert.

Ein in selber Weise angestellter Nebenversuch für Schmelz, indem er die Wurzel wasserdicht mit Wachs abkleidete, ergab auch dasselbe Resultat. Aber Adrion betrachtet die, im scheinbar intaktesten Zahn doch vorhandenen Sprünge, als das begünstigende Moment. Sei es, daß durch Gewalteinwirkungen während der Gebrauchsperiode oder durch Extraktionen Risse und Sprünge im Schmelz auftreten, immer werden sie eine Inkorrektheit der Versuche herbeiführen.

Weil Läsionen nicht zu verhindern sind, muß auch bei den Versuchen mit ihnen gerechnet werden. Denn ganz intaktes Material, betont auch Adrion, stellen wohl Teratomzähne dar, aber ebenso, auch ein selten zu beschaffendes.

*Bauchwitz:* Eine Arbeit, die er über Diffusionsversuche veröffentlichte, rief lebhafte Diskussionen hervor. Es waren ausschließlich Schmelzversuche. Die Ergebnisse besagten, daß durch Zement-Dentin-Schmelz von Tier- und Menschenzähnen folgende Substanzen diffundieren:

1. Kristalloide
2. Kolloide
3. Bakterien mit „größter Wahrscheinlichkeit", und nicht etwa nur ihre Toxine".

ad 1. Eine 20%ige Jod-Kalilösung diffundierte durch die Zahnsubstanzen in eine umgebende 0,85%ige NaCl-Lösung. Wurden die Flüssigkeiten getauscht, konnte auch eine umgekehrte Diffusion erzielt werden, daß also auch Jod-Kalilösung den Weg von außen nach innen nahm.

ad 2. Ueber die Versuche mit Methylenblau wird nicht so klar im Endergebnis berichtet. So soll wohl der Farbstoff allmählich das Dentin durchsetzen und auch manchmal diffundieren.

ad 3. Es wurde mit bakterium pyocyaneum gearbeitet. Diese Arbeit zog theoretische Erörterungen nach sich, und veranlaßte Interessierte sowohl zu Kontroll- als auch eigen durchdachten Untersuchungen. Der Hauptvorwurf galt der Nichtbeachtung der

Schmelzsprünge, und nach andersartigen Ausfällen von Kontrollversuchen, wird auch die Exaktheit der Abdichtungen bezweifelt.

Auf Grund der Angriffe gegen Bauchwitz veröffentlichte *Adrion* sein Untersuchungsergebnis über Schmelzsprünge am Patientengebiß. Größere Risse und häufigeres Auftreten war nur bei angefärbten Bildungen festzustellen, so besonders bei Rauchern. Doch kleine und kleinste Sprünge blieben durch bedeckenden Speichel verborgen. Nach Trocknung, bei konzentrierter Beleuchtung und Lupenbetrachtung konnten zahlreiche Sprünge festgestellt werden. Sowohl Adrion als Schwarz konnten durch Einwirkung von Farblösungen die Risse darstellen, und die Häufigkeit nachweisen. Adrion wandte die Diffusion an; Schwarz saugte mit Hilfe des Vacuums die Farbe durch die Schmelzsubstanz. Trotzdem färbten sich auch noch nicht alle feststellbaren Sprünge, was auf die Molekulargröße der Farbpartikel zurückgeführt wird.

*Moeser:* Aus gleichen Gründen veröffentlichte er eine neue Theorie über Schmelzsprünge. Durch Entkalkungsversuche zeigte er, daß sich Dentin widerstandsfähiger als Schmelz erwies, und nach Auflösung desselben, Dentingrade das Flächenniveau überragten. Er legte es dahin aus, daß das Dentin in diese Sprünge hineingewuchert seien müßte, und darauf auch die Unschädlichkeit der Sprünge im Munde beruhe.

Eines ist erstaunlich beim Durchlesen der Arbeiten über dieses Gebiet, daß die Gegner der Schmelzvitalisten nie dieselben Ergebnisse bei Kontrollversuchen erhielten, die Anhängerschaft sie aber bejahen konnte. Begreiflicherweise ist die Verwirrung dadurch größer als die Klärung.

Feibusch unternahm eine Kontrolle der Bauchwitzschen Versuche. Er wählte, der äußerst günstigen Verhältnisse wegen, erst 4 Wochen alte Kälberzähne, die doch jede Diffusion begünstigen müßten, weil weites Foramen, großer Kanaldurchmesser, dünne Schmelzschicht sie auszeichnen. Weil die Diffusion vom Wanddurchmesser abhängt, müßten günstige Zeiten zu erreichen sein. Die Zähne wurden ohne Gewalt aus dem Knochen entfernt, Versuchsanordnung gleich der Bauchwitzschen geübt. Seine Versuche mit bakterium pyocyaneum fielen da positiv aus, wo der Zementverschluß undicht geworden war „trotz vorheriger bester Kontrolle". Den kolloidalen Nachweis, den er mit Diphtherieheilserum wiederholte, konnte er auch nicht einmal nach 4 Wochen bestätigen (B.

schon nach 48 Std.). Zur Abdichtung verwandte er nun einen Vacuumschlauch.

Die Nachprüfung über das Diffundieren kristalloider Körper war scheinbar positiv. Der Nachweis von Jod-Kali gelang. Die Gegenkontrolle, ob eine echte Diffusion durch die Schmelzsubstanz oder Sprünge stattfand, unternahm er mit Jod. Das Ergebnis zeigte wohl, daß das Dentin bis zur Sch-D-Grenze „imbibiert", der Schmelz selbst aber ungefärbt war, oder nur einige kleine Sprünge.

Mit Eosin erfolgte auch der Nachweis der Diffusion über die rotgefärbten Schmelzsprünge. Stets grenzte ungefärbter Schmelz an.

Kupfersulphat zeigte dasselbe Bild: Dentin tiefblau, Schmelz weiß. Beobachtungen und abermalige Nachprüfungen ergaben, daß Halogene schneller als andere Kristalloide diffundieren, aber auch über den Weg der Schmelzsprünge. Damit erbrachte er einen Gegenbeweis, daß durch intakte Schmelzsubstanz Bakterien und Kolloide nicht diffundieren.

Das Ergebnis mit Kristalloiden führte er, bestärkt durch das mikroskopische Bild, auf eine ledigliche Diffusion durch Schmelzsprünge, und nicht den Schmelz selbst zurück.

Radošević bestätigte auf Grund seiner Ergebnisse die Durchlässigkeit und osmotischen Vorgänge im Schmelz. Er führt auch die klinischen Abweichungen am Zahnsystem auf Lebensäußerungen zurück. Er verwandte ausgemeißelte Rinderzähne und gelockerte Menschenzähne, um Gewaltanwendung, und somit Sprungbildungen zu vermeiden. (Aber standen die jetzt gelockerten Zähne nicht Lebensjahre hindurch schon unter traumatischen Einwirkungen?) Ihm ging es hauptsächlich um den Nachweis der Geschehnisse im Schmelz; darum wurden isolierte Kronen verwendet. Diffusionsversuche setzte er in üblicher Weise an und gebrauchte verschieden konzentrierte Lösungen: physiologische NaCl-Lösung und Aqua dest. Aus der Veränderlichkeit des Meniskus in der Capillare schloß er auf osmotische Vorgänge. Die Permeabilität zeigte sich abhängig von der Zeitdauer. Seine Versuche an post- und praeeruptiven Zähnen ergaben übereinstimmend, daß intakter Schmelz durchgängig ist. — Seine Versuche mit zwei Stentsgefäßen den Zahn als Membran dazwischengeschaltet: auch auf diese Weise konnte er Osmose nachprüfen, indem er verschieden konzentrierte Lösungen in die einzelnen Gefäße füllte, und durch Titrieren die Prüfung vollzog. Die verdampfende Fähigkeit erwies er dadurch, daß er den

Zahn kronenwärts im leeren Behälter, wurzelwärts eine einzementierte Glasröhre mit Flüssigkeit gefüllt, montierte. Durch fallenden Meniskus im Röhrchen war der Beweis gesichert. Auch der umgekehrte Vorgang ließ sich herbeiführen; d. h. er sah darin osmotische Vorgänge und somit einen gewissen Stoffwechsel im Zahn.

Bauchwitz-Heinemann: unternahmen gemeinsam nochmals ähnliche Versuche zur Bestätigung der ersteren. Ihre ganzen Arbeiten bauten sie auf der Widerlegung der gemachten Vorwürfe auf, und ganz besonders fügte sich in ihre Auffassung die Fabersche Darstellung über die Schmelzsprünge ein. Eigens durch die Vorwürfe gegen B. dazu angeregt, veröffentlichte *Faber* seine Theorie über die Schmelzsprünge. Er sieht in ihnen nicht ein „Auseinanderweichen des Schmelzgewebes"; die Schmelzkontinuität bleibt gewahrt, nur die Zusammensetzung ist hier eine andere. Seit der Bildungszeit soll hier ein Gewebsstreifen liegen, der sich im Laufe der Zeit durch exogene Einflüsse, Speichel, Farbpartikel, Bakterien farblich verändert. Der so sich dokumentierende Sprung ist in Wahrheit eine imprägnierte Lamelle. Darauf fußend, sehen auch die Untersucher die Vorwürfe für widerlegt an. Den Ausdruck Diffusion wollen die Verfasser außerdem als „Durchdringungsvermögen schlechthin" aufgefaßt wissen, um nicht an die chemisch-physikalisch abgegrenzten Begriffe Osmose, Filtration gebunden zu sein.

Versuchsanordnung nach Feibusch und Radosević.

Ihr Leitgedanke war:

1. ist Zahnschmelz durchdringlich: für Kolloide verschiedener Größenordnung?

2. für Bakterien oder nur für Toxin?

Versuchsmaterial: extrahierte nichtcariöse Tier- und Menschenzähne. Bei den Versuchen wurden stets die geforderten Sicherungsmaßnahmen nach Feibusch beachtet. Versuchsflüssigkeiten:

1. künstliche Metallkolloide.
   a) Kollargol
   b) Elektroferrol
2. organische Kolloide
   a) Ascites Schlesinger (kleine Moleküle)
   b) Ascites Wiegand (große Moleküle)
   c) Pferdeserum (größte molekulare Gruppe)
3. Bakterien
   a) bakterium pyocyaneum
   b) Kolibazillen

Stets wurden die Versuche von beiden Seiten geführt. Das Ergebnis zeigte, daß keine Kollargolwanderung bei noch so großer Zeitdauer eintrat, aber für Elektroferrol positiv verlief. Die Autoren vermuten, daß entweder Kollargol zu große molekulare Größe besitzt, oder es findet eine Verstopfung der organischen Wege statt, und nur noch NaCl-Lösung ist durchgängig. Für organische Kolloide das Ergebnis:

Albumosen
natives Eiweiß
biologisch differenziertes Pferdeserum ist in 3 Fällen positiv ausgefallen.

Da einzelne Versuche in auf- und absteigender Richtung positiv geführt wurden, schließen Verfasser daraus „daß es sich für die Osmosen um einen echten Diffusionsvorgang wie bei den Kristalloiden zu handeln scheint, die nach beiden Seiten entsprechend dem molekularen Druckgefälle wandern können", daß sie auch gegen den hydrostatischen Druck nach beiden Richtungen bis zum Ausgleich der Konzentration wandern.

Für die Bakterienversuche wurde Feibuschs und Radosević' Anordnung befolgt, bei letzterem aber Kautschukgefäße genommen. Die Bakterienaufschwemmung erfolgte in Nährbouillon. Zur Gegenkontrolle, ob es sich tatsächlich um Durchwanderung der Bakterien handele, wurde eine Weiterzüchtung auf entsprechenden Nährböden vorgenommen. Die Proben stammten aus der, als Gegensubstrat angewandten physiologischen NaCl-Lösung.

Diese Ergebnisse mußten in der Tat Aufsehen erregen. Die negativen Ausfälle der Freibusch'schen Versuche führen die Verfasser auf das pulpenlose Versuchsmaterial zurück.

Andere Autoren wie: Kessler und Sommer widerlegten die obigen Versuche. Da sie eine scharfe Kritik gegen die bakteriologische Arbeit führten, arbeiteten sie unter strengster Beachtung steriler Maßnahmen. Sommer, der auf dem Gebiet der Reinfektionsfrage arbeitet, konnte beweisen, daß bei gangränösen Zähnen in faulender Bouillon, nie aus Dentinspänen mittlerer Lage Kontrollkulturen zu gewinnen waren; so konnte er mit Recht eine Durchwanderung in so kurzen Zeiten bezweifeln, und konnte eine, auf solche Art gewonnene Kultur als Beweis verlangen. Mit Recht nimmt er an, daß bei Bakterienpassage die Kanäle gepfropft voll seien müßten.

Urbantschitsch: Durch klinische Befunde wurde er zu seinen Experimenten angeregt. Er geht davon aus, die Wege zu finden, auf denen die Verfärbung der Zähne erfolgt, nach Hämorrhagien der Pulpa und Ikterus.

Er verwandte frisch extrahierte und mazerierte Zähne. Er brachte Farbflüssigkeiten von der Krone oder Wurzel her mit einer Pipette in die Kanäle und ins Kavum; verschloß dicht mit Parafin, und bei Mundtemperatur wurde der Zahn in Aqua dest. oder physiologische Lösung gelegt. Als beste Farblösung konnte er 10%ige $AgNo_3$ und chinesische Tusche ermitteln. Seine Versuche setzte er zentrifugal und zentripetal an.

Innen $AgNo_3$:

An vorhandenen Abrasionen konnte er eine zunehmende Penetration des Dentins beobachten. Die Dentinkanälchen zeigten histologisch schwarzkörnigen Inhalt, die Grundsubstanz war braungelb, die Schmelz-Dentin-Grenze nur stellenweise imprägniert. Aber der Nachweis im Schmelz gelang ihm nicht, da Luftgehalt oder Silber nicht zu differenzieren waren. Nur an der Spitze des Schliffes schien ihm ein Uebertritt in die Kittsubstanz des Schmelzes vorzuliegen.

Fritsch und Hanazava hatten schon versucht, unter Druck Tusche in die Pulpa zu treiben. Die Dentinkanälchen und Seitenzweige waren bis zur Sch-D-Grenze imprägniert.

Der Verfasser: setzte denselben Versuch mit mazerierten Zähnen an. Ein getränkter Wattebausch wurde in einer Kavität appliziert, und diese dann verschlossen, so in Aqua dest. gebracht. Die Schliffe zeigten imprägnierte Dentinkanäle. An der Sch-D-Grenze deutliches Uebertreten der Dentinkanäle und Kolben in den Schmelz. Der Schmelzbefund konnte nicht einwandfrei festgestellt werden. Betreffs Dentinkanälchen konnte Verfasser Fritsch und Hanazava bestätigen. Fritsch gelang es, die Dentinkanäle, die noch Odontoblastenfortsätze enthielten, zwischen Fortsatz und Röhrchen zu injizieren. Er deutete es als Lymphraum. Weil er in Formalin fixierte Zähne angewandt hat, ist die Annahme wohl nicht ganz von der Hand zu weisen, daß durch die Schrumpfung des Kanalinhaltes sich ein Spalt bildete, in den hinein die Flüssigkeit dringen konnte.

Smreker: ist schon als Anhänger eines wohlkonstruierten Kanalsystems in der Einleitung erwähnt. Er machte seine Versuche nach Hanazava. Mit der Fahrradpumpe trieb er alkoholisches Diamantfuchsin von großer Penetrationskraft, von der Pulpenkam-

mer in das bekannte Kanalsystem. Von hier aus konnte er die Prismen selbst färben, aber nie gelangte er zu regelmäßig sich wiederholenden Bildern.

Radošević: ist bei seinen neuen Versuchen von ganz anderen Gesichtspunkten ausgegangen. Die bisherigen Methoden, um die Zahnverhältnisse zu ergründen, erscheinen ihm unnatürlich, da der Zahn stets ganz von Flüssigkeit bedeckt wurde. Im Munde liegen die Verhältnisse aber anders. Darum bemühte er sich, die Mundverhältnisse im Experiment weitgehend ähnlich zu gestalten. Der Zahn ist einmal ständig von Flüssigkeit umgeben (Blut), zum anderen ist er zeitweilig von Flüssigkeit (Speichel) oder Luft umgeben. „Im ersten Fall liegen an beiden Seiten der Membran (Zahn) zwei Substanzen gleicher Aggregatzustände / flüssig-flüssig; im zweiten Fall aber: flüssig-gasförmig". Von diesem Gedanken geleitet, führte er die Prüfungen durch, ob die Krone eine semipermeable Membran darstelle. Parallel der Blutzufuhr wurde der ausgewählten, intakten vorgerichteten Zahnkrone durch eine Glaskapillare die Lösung zugeführt (sicherste Abdichtung). Dann stellte er die Krone mit der Kapillare aufrecht in Quecksilber (Kapillarlösung Aqua dest. und isotonische Kochsalzlösung). Unter ständigem Ansteigen des Quecksilberspiegels war eine Verringerung der Flüssigkeitssäule bis auf kleinste Höhe zu verfolgen. Damit ahmte Vfr. den zweiten Fall physiologischen Geschehens nach, und stellte eine Diffusion von Flüssigkeit mit folgender Verdampfung durch den Zahn fest. Versuche im Rezipienten ergaben Osmose und Arbeitsleistung.

Für die Darstellung des ersten Falles blieb die Anordnung die gleiche, nur zur Aufnahme umgebender Flüssigkeit modellierte er um die Zahnkrone noch eine Wachsschüssel. Der Zahn ragte frei ins Lumen.

Ergebnis:

| | |
|---|---|
| a) Flüssigkeit im Steigerohr<br>Wachsgefäß leer | Hg-Spiegel gestiegen |
| b) Wachsgefäß und Kapillare<br>mit Lösung gleicher Konzentrationen<br>gefüllt | Hg-Spiegel blieb stehen. |
| c) Wachsgefäß mit hypotonischer<br>Lösung gefüllt (filtrierter Speichel) | Hg-Spiegel sinkt. |

d) Wachsgefäß mit hypertonischer Lösung gefüllt } Hg-Spiegel steigt.

Durch Veränderung der Konzentrationen ließ sich der Zustrom aus der Kapillare zur Krone regulieren. Weil sich durch die Luftzufuhr auch die Speichelzusammensetzung ändert, also auch seine Konzentration, sieht Vfr. im Blut-Speichel eine parallele Flüssigkeitswirkung. Diese Ergebnisse deutete er als Stoffwechselvorgänge im Schmelz auf osmotischem Wege.

Quellungsversuch:

Neuartig ist dieser Versuch unter den bisherigen Methoden. Ausgangspunkt war die Erscheinung, daß Zähne bei höheren Temperaturen springen. Eine Zahnkavität wurde mit Zement oder Silber ganz dicht verschlossen. Der Zahn blieb an der Luft liegen; nachträglich ins Foramen ein Röhrchen zementiert, mit Flüssigkeit gefüllt. Die Lösung quoll am Kavitätenrand hervor. Wurde der Versuch wiederholt, nachdem derselbe Zahn ganz in Lösung gelegen hatte, blieb dieses Hervortrten der Flüssigkeit aus. Vfr. sieht daraus, daß sich der Zahn in einem „gewissen Quellungszustand" befindet, der evident reversibel ist". Dieses Verhalten des Zahnes möchte er beim Füllen von Kavitäten klinisch ausgenützt wissen (Anwendung von Kofferdamm).

Chessina: In der russischen Schule wurde u. a. das Vitalitätsproblem von ganz anderer Seite angefaßt. Nicht was den Zahnkörper durchdringt, sondern was er von eigener Substanz abgibt, soll nachgeprüft werden. Weil beim absterben eines Organs der Eiweißstoffwechsel die große und hervortretende Rolle spielt, wurde er untersucht. Man erforschte die, bei Zellplasmolyse eintretende Ammoniakabgabe an die umgebende Flüssigkeit. Material: frisch extrahierte Hundezähne, die in Aqua dest., physiologischer NaCl-Lösung, Ringerlösung aufbewahrt wurden; (bis zu 3 Wochen) Titrimetrische Bestimmung der Ammoniakabgabe (Pincussen). Die qualitative Bestimmung ergab, daß mit oder ohne Pulpa, in jedem Fall Ammoniak nachgewiesen werden kann. Dieselben Vorgänge ließen sich auch für den Schmelz feststellen. (Mit und ohne Pulpa bei wachsüberzogener Wurzel.) Der Verfasser schließt nun daraus, daß auch für den Schmelz Umbauvorgänge = Zersetzung organischer Substanz und ihre Abgabe nach außen erfolgt. Wo diese Möglichkeit vorhanden ist, muß Leben sein, also ist er vital. Die qualitative Bestimmung zeigte, daß die größte Menge Ammoniak von der zerfallenden Pulpa

geliefert wird (offenes Foramen), wurde der Apex mit Wachs umkleidet, bestand solch ein Größenunterschied in der Ausscheidung, daß der Untersucher für dieses Kronenexperiment annehmen mußte, daß das Ergebnis nur den organischen Substanzen des Schmelzes zuzuschreiben war.

Bei diesen Versuchen stellte sich Aqua dest. als größtes organisches Gift heraus; als am gewebsfreundlichsten, physiologische NaCl-Lösung. Der Zerfall setzt 3 Stunden nach der Extraktion ein, also ist er bis zu der Zeit als wirklich überlebend zu bezeichnen, nach 4—5 Tagen ist der Zahn tot.

„Der Schmelz des lebenden Zahnes durchgeht wie die übrigen Zahngewebe die einzelnen Etappen organischer Materie, er lebt und stirbt ab."

Faber: Bei Färbeversuchen vom Pulpenkavum her mit Diamant-Fuchsin konnte eine totale Schmelzfärbung nicht erreicht werden, nur von kleineren Partien. Er vermutet eine, vom Dentin in den Schmelz stattfindende Säfteversorgung, weil sich die Schmelzbüschel von der Dentinseite her farblich imprägnierten. Als besonders intensive Speicherer erweisen sich die Lamellen. Er hält seine Arbeit für eine Bestätigung der Arbeiten von Urbantschitsch und Smreker. Trotzdem er ein Anhänger der Vitalistentheorie ist, will er sich nicht durch diese Versuche binden, daß damit auch der Vorgang als eine „aktive Lebenshandlung" angesehen werden soll. Aber er nimmt trotzdem an, daß es möglich sein könnte, auch auf diesem Wege, im Laufe des Lebens ein gewisses Nährmaterial dem Schmelz zuzuführen.

Herzig: stellte in neuester Zeit auch Laboratoriumsversuche über die Durchgängigkeit verschiedener Lösungen durch die Zahngewebe an.

Harnstoff, Kongorot, Kochsalzlösung, Traubenzucker wurden für Kronen- und Wurzelversuche verwendet. Die Nachprüfung wurde mit spezifischen Reagenzien geführt.

Feling, Trommer, Nylander: Reaktionen auf Traubenzucker.

Nessler und Biuret: Harnstoffnachweis.

Versuchsdauer: 24 — 48 Stunden.

Für NaCl-Lösung ($^1/_6$ Mol.) ergab sich einwandfreie Diffusion. Traubenzucker von ($^2/_1$ Mol.) war auch durchgehend nachweisbar. Aber bei anderem Lösungsverhältnis stellten sich auch innerhalb derselben Versuchsreihe Unterschiede heraus. Bei Kongorot (1/100 in $H_2O$) waren Anfangs- und Kontrollversuche wechselnd po-

sitiv oder negativ. Die Ursache sieht die Verfasserin vor allem in den Schmelzsprüngen. Oberflächenunterschiede konnten ausgeschlossen werden, weil nur Eckzähne und Prämolaren verwandt wurden. Dafür sprach auch, daß bei den Wurzelversuchen nicht derartige Unterschiede innerhalb derselben Reihe auftraten. Herzig konnte für Resorcin, dessen Durchlässigkeit Pfaff bewiesen hatte, weder für die Wurzel noch Krone bestätigen. Ihre Versuche dauerten 24 Stunden, Pfaffs 12 Tage. Vfr. fand, daß der Ausfall durch die Zeitkürze und Konzentration der Lösung beeinflußt wird. Um den geringsten Gehalt durch spezifisches Reagens nachzuweisen, muß eine längere Zeit vergehen, um den Diffusionsstrom nach außen dringen zu lassen.

Die Durchlässigkeit von Eiweiskörpern wurde mit Tetanusserum geprüft. Auch der Serumversuch zeigte, daß positiver Diffusionsnachweis erst nach 48 Stunden möglich war. Entsprechende Kontrollversuche sicherten den Nachweis, daß keine Eiweißabbauprodukte der Zähne etwa das Ergebnis bewirkten. Daraus schloß sie, daß wenn Serum diffundieren kann, auch der Harnstoffversuch so zu bewerten sei. Aus ihren Versuchen schloß Herzig „daß die Grenze der Diffusionsmöglichkeit gelöster Stoffe durch die Zahngewebe, zwischen Tetanusserum und Kongorot liegen muß." —

Trotzdem die widersprechenden Auslegungen der Versuchsergebnisse geeignet sind, eine größere Verwirrung als Klärung in diese Frage zu bringen, genügen sie aber, darauf aufmerksam zu machen, daß mit Penetrationsvorgängen auch in dem Schmelzgewebe zu rechnen ist.

### *Vitalfärbung.*

Als eine höher zu bewertende Methode erwies sich die Vitalfärbung. Ob es sich um kleinere Versuche handelt, die an der Zahnsubstanz direkt angreifen, ob größere Eingriffe, die über den gesamten Körperkreislauf wirken, in jedem Falle ist das Milieu, in dem sich das Versuchsobjekt befindet, organisch. Hier kann der erhoffte Stoffwechsel sich auch in der Wechselwirkung zum Speichel erweisen und unterliegt, wie Radosĕvić es nachahmen wollte, auch dem Einfluß der Atemluft, dem Wechsel der Aggregatzustände in der Mundhöhle.

Unter Vitalfärbung versteht man das Anfärben lebender Zellen und Gewebe, die noch mit dem Gesamtorganismus in Verbindung stehen.

Die Anfärbung von lebenden Geweben, die sich im Organverband befinden, wird als Zeichen des Zellebens und der Zelleistung aufgefaßt (Kuczynski).

Studien über zelluläre Leistungen der Stoffaufnahme und -verarbeitung haben gerade auch das Verhalten der Zellen Farbstoffen gegenüber sehr erhellt. Man stellte fest, daß die Farbstoffaufnahme im lebenden Organismus einen Speicherungshergang vorstellt. Farbstoffe sind Fremdkörper, die der Organismus unschädlich zu machen versucht. Im Kreislauf erfolgt zunächst die Anlagerung (Adsorption) der Körper- und Vitalfarbstoffe an Serumeiweiß. Dann werden die Bindegewebszellen aktiviert, die die Farbstoffe aus dem Kreislauf aufnehmen. Sie sind die Speicherzellen des Organismus. Die Stoffe werden gelöst aufgnommen und innerhalb des Protoplasmas durch Verdichtungen, sogen. granuläre Speicherung, sichtbar. Die Natur der Farbstoffe bestimmt daneben auch den Ausgang. Die Teilchengröße bestimmt das Diffusionsvermögen der Lösung und so auch die Ausbreitung und Speicherung im Organismus; daß es sich auch um eine Zelltätigkeit handelt, beweist, daß die Farbstoffe ausgeschieden werden, die Färbung zurückgeht. Am stärksten erfolgt sie an Stellen intensiven Stoffwechsels, wo die Speicherzellen aktiviert sind. Besonders gut werden saure und kolloide Farbstoffe gespeichert. Auch Stoffe, die sonst neutral reagieren, sich in der alkalischen Körperflüssigkeit aber wie „elektronegative" (Dietrich) verhalten, ähnlich wie Eiweißsubstanzen, Blutfarbstoffe, die Substanzen des Körperstoffwechsels. Zur Anwendung gelangen kolloidale Lösungen:

1. Kollargol = kolloidale Metallösung.
2. Lithioncarmin, Trypanblau = kolloidal gelöster Farbstoff
3. Tuscheaufschwemmung.

Wichtig ist noch, daß die Farbspeicherung mit erhöhter Resorptionsfähigkeit der Zelle und Permeabilitätsveränderung ihrer Membran einhergeht. Weil die Farben an Eiweißstoffe gebunden sind, ist es gleichbedeutend mit einer erhöhten Eiweißresorption der Zelle (Hertz; Siegmund).

Auf diese Weise mußte also festzustellen sein, ob die Farbe auf dem Wege über kapilläre Lymphspalten transportiert wird. Das Spaltensystem mußte zur Darstellung kommen. — Mit diesem Nachweis würde der Streit ein Ende gefunden haben. —

Gottlieb: machte den ersten Versuch der Vitalfärbung auf zahnärztlichem Gebiet. Er verwendete Alizarin, einen roten Farbstoff, der aus der Krappwurzel stammt und chemisch Dioxyantrachinon ($C_{14}H_8O_4$) darstellt, und ein Elektivfarbstoff für Kalk ist. Er hat an Hunden eine dreimonatige Krappfütterung durchgeführt, und angeblich eine Schmelzfärbung seitens des Dentins erhalten.

So erfreulich dieser scheinbare Beweis eines Lebensvorganges im Schmelz für die Vitalisten war, wurden aber genau wie bei der vorigen Gruppe Kontrollen von anderer Seite durchgeführt, und genau ebenso widersprechende Ergebnisse bekannt.

Gies führte ähnliche Versuche wie Gottlieb. Bei interperitonealer Injektion von Trypanblau am Hunde, zeigte sich an vollentwickelten Zähnen ungefärbter weißer Schmelz; an gerade durchgebrochenen aber, hatte sich nur am Zahnfleischrand leicht blaue Färbung nachweisen lassen; an Zähnen, die sich noch in der Entwicklung befanden, färbte sich der Schmelz tiefblau. Die Farbe blieb auch bei Alterung der Substanzen erhalten.

Türkheim führte solch einen Kontrollversuch an weißen Mäusen durch. Die dauernd wachsenden Schneidezähne schienen ihm geeignet, Alt- und Neubildungen im Verhalten dem Farbstoff gegenüber am besten untersuchen zu können. Er gab Alizarin-sulfosaures Natrium subcutan und per os. Er konnte Farbstoff nur im Knochen und Dentin, aber nicht im Schmelz finden.

An den Zähnen junger Tiere, bei kurzer Darreichungszeit stellte er nur eine „abwischbare Auflagerung" auf dem Dentin fest. Bei älteren Tieren, die 3 Monate Alizarin per os oder subcutan erhielten, war das Dentin durchgängig rot. Der Schmelz blieb weiß. An den Molaren zeigte sich besonders, daß das rotgefärbte Dentin immer durch den „glasklaren Schmelz" hindurchschimmerte.

Blotevogel förderte in besonderer Weise die Kenntnisse sowohl über die Farbstoffe selbst, als über das Verhalten des Organismus ihm gegenüber.

Trypanblau wird an die organischen Bestandteile der Knochengrundsubstanz gebunden; sich ablagernde Kalksalze verdrängen es, es tritt Entfärbung ein.

Alizarin unterscheidet sich vom Trypanblau dadurch, daß es sich nicht an organische Teile, sondern nur an Kalksalze bindet. Es bildet mit den Knochenerden Salze: den sogen. Kalklack. Der rote Kalklack des Alizarins bleibt bei zunehmender Verkalkung er-

halten, und verliert sich nicht wie Trypanblau; weil es auch nicht bei der Alterung schwindet, bleibt es stets sichtbar.

Der Vrf. ging von der bekannten Tatsache aus, daß die Farbstoffspeicherung an Stellen starken Stoffwechsels besonders intensiv auftritt. Darum prüfte er den Farbstofftransport während der Zahnbildung.

Material: weiße Mäuse von der Geburt — von 33 Tagen untersucht. Verschieden hohe Farbstoffdosen werden subcutan wechselnd oft gegeben. Jedesmal 0,1 ccm von 0,5 % — Die Befunde an Pulpa und Dentin lasse ich unberücksichtigt, weil an den spezifischen Zellen und Neubildungen dieser Substanzen sich dasselbe Bild zeigte, wie für den Schmelz.

Schmelzbefund.

1. Die inneren Schmelzzellen im jüngsten Stadium sind am intensivsten gefärbt,

2. innere Schmelzzellen zeigen diffuse Färbung, die unmittelbar vor sichtbarer Schmelzbildung stehen,

3. Die Peripherie der Schmelzzellen ist gefärbt, wenn eben sichtbare Schmelzbildung begonnen hat,

4. die übrigen Schmelzorgan-Zellen speichern erst, wenn die inneren genügend aufgenommen haben,

5. mit zunehmender Schmelzbildung und Rückbildung des Schmelzorgans läßt die Färbung der inneren Schmelzzellen nach.

Vrf. sieht in der starken Farbspeicherung der inneren Zellen während der Entwicklung den Ausdruck gesteigerten Stoffwechsels.

Bei älteren Tieren erfolgt eine Speicherung im Plasmodium der Schmelzpulpa, und äußeren Schmelzzellen.

Bei fertigem Schmelz jüngster Tiere ist er stets diffus blau. Es ist anzunehmen, daß solange die inneren Schmelzzellen noch Farbstoff speichern, er dem Schmelz gelöst zugeführt wird. Bei jüngeren Tieren ist die Blaufärbung stärker als bei älteren, aber nie ein Farbunterschied zwischen jüngerem und älterem Schmelz desselben Tieres festzustellen. Mit zunehmendem Alter verschwindet die Farbe allmählich, bis sie ganz beseitigt ist. Der Schmelz älterer Tiere läßt sich auf diesem Wege der Vitalfärbung überhaupt nicht mehr imprägnieren.

Daß hier keine Anfärbung „präformierter Kalkgranula" in Odontoblasten und inneren Schmelzzellen vorlag, ergab eine negative Kontrollfärbung mit dem spezifischen Farbstoff Purpurin.

Uebereinstimmend konnte der Verfasser mit Trypanblau und Alizarin keine Schmelzfärbung erreichen. Träfe die Vermutung der Vitalisten zu, daß auf dazu bestimmten Wegen Kalksalze in den Schmelz transportiert werden, so hält B. wohl mit Recht Alizarin für den geeigneten Farbstoff, diese Wege färberisch darzustellen. Da diese Systeme sich trotzdem nicht einzeichnen lassen, lehnt er eine physiologische Verbindung zwischen Schmelz-Dentin ab.

Eine bedeutende Feststellung gelang B. in bezug auf die organische Substanz des Schmelzes. Nach der Entkalkung zurückbleibende organische Substanz, konnte mittels Biuretreaktion, als unlösliche Eiweißstoffe erwiesen werden. Hier wird vom Vrf. an Hopewell-Smith' Forderung erinnert, daß dieser das Wort organisch im streng biologischen Sinn beurteilt haben will. Durch seine Versuche hat er nachweisen können, daß die organische Substanz als chemischer Stoff angesehen werden muß, der aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff besteht. Dadurch ist bewiesen, daß ein Eiweißstoff im Schmelz vorhanden ist, aber nicht im biologischen Sinn.

P r o e l l : Als gute Parallele ist sein Versuch mit Alizarin-Krapp anzusehen. Ratten, Meerschweinchen, Kaninchen dienten als Versuchstiere. Nach wenigen Tagen waren an den oberen Nagezähnen die freien Seitenflächen gefärbt; an den Molaren die linguale Fläche. Im Querschliff zeigte sich ein Farbbelag an der schmelzfreien Distalseite. Das Dentin war etwas gefärbt; am Schmelzansatz nur etwas Farbniederschlag; am Molaren fand er auch eine linguale Außenfärbung, ohne Verbindung zur Pulpa. Der Vrf. nahm eine Imprägnierung von oraler Seite an. Und zwar nachdem die Aufnahme verfärbten Urins verhindert war, mußte der Speichel die Ursache sein. Somit stellte auch er eine größere Aufnahmefähigkeit der jungen Dentinsubstanz fest, als bei alten Tieren. Durch diese exogene Schmelzanfärbung im Vitalversuch scheint es doch, daß auch eine Aufnahme von Ca-Salzen von außen in den Zahn erfolgt. Der Vrf. betont, daß noch nie eine Schmelzfärbung gelungen ist. Das Anfärben peripherer Dentinpartien ohne Verbindung zur Pulpa muß auch auf exogenem Wege erfolgt sein.

F i s h ist ein Anhänger derer, die Lymphzirkulation im Röhrensystem vertreten. Er bemüht sich um die Klärung: „passive Dif-

fusionsvorgänge oder aktive Tätigkeit in den Dentinkanälchen?" Er nimmt aktives Geschehen an, und wählte „nicht-diffundible" Stoffe zum Nachweis. Wenn sie verteilt werden, liegen aktive Tätigkeit und Transport vor. Mit Tinte und Methylenblau in Substanz führte er die gleichen Versuche durch. Er legte in Narkose an einem Hundezahn die Pulpa frei und applizierte die Stoffe. Nach Einführung in die Pulpa löst die Lymphe die Farbstoffe, führt sie weiter ins Dentin, und verteilt sie auch im Schmelz. Er fand deutliche Imprägnierung der Röhrchen und Kanalverzweigungen. Von ihnen aus wurden die Prismenscheiden umspült. In den regionären Dentinpartien war der Farbstoff tief dunkelblau. An Uebergangsstellen in den Schmelz schien er wie dunkelblaues Glas. Auf Grund seiner Untersuchung nahm er an, daß in den Dentinröhren ein Lymphstrom besteht, die Aufzweigungen anastomosieren und einen marginalen Lymphplexus bilden. Ein Rückstrom erfolgt zur Pulpa. Notwendigerweise nimmt er einen niedrigeren Druck der Lymphe in den Dentinpartien an. Vom Plexus aus soll nun die Lymphe zur Krone fließen, hier die organischen Gewebe, die Prismenscheiden umspülen. Mit gefärbter Lymphe gefüllt, ziehen Röhrchen aus dem Plexus durch die dazwischenliegende Dentinzone in den Schmelz. An den Prismen erweitern sich die Röhrchen und zweigen sich auf. Jeder Zweig führt Lymphe zu je einem Prisma. Die herangeführte Lymphe, die die Prismen erreicht, verteilt sich in den Prismenscheiden. Die blaue Färbung gestattete dem Vrf. sogar eine Bestimmung von einigen Mikra. Die Schmelzoberfläche ist homogen und schien ebenso wie die I. P. S. frei von Lymphe. Die sichtbaren organischen Bestandteile, Büschel und Lamellen, waren voller Lymphe. Sind sie durchgängig bis zum Sch-O-H, vermitteln sie nach Ansicht des Vrf. den Austausch mit dem Speichel. Fish geht sogar soweit, zu sagen, daß die scheinbar lymphfreien Kanäle rings um die Kavität solche sind, die die Lymphe von der Pulpa fort zum Plexus führen. Hier kann eine Färbung dann nur entgegen des Lymphdruckes durch Gewalt erzwungen werden. Der Vrf. stützt seine Ergebnisse noch durch die Befunde von H o w e, der angeblich durch Spektralanalyse Blei in den harten Zahnsubstanzen vergifteter Patienten feststellte, und experimentell durch Eisenlaktatfütterung nach hinreichender Dauer den Nachweis erbrachte, daß chemische Stoffe über Pulpa-Dentin in den Schmelz gelangen.

K e ß l e r : Ganz im Gegensatz zu den vorigen Ergebnissen stehen nun wieder die Veröffentlichungen von K. Seine Versuche sind

genau so interessant, weil sie am Menschen durchgeführt wurden. An 6-Jahrmolaren, zu symetrischen Extraktionen bestimmt, brachte er eine Kronenkavität an, füllte sie mit Eosin und Methylenblau getränkter Watte; parallel ein Wurzelkanalversuch; Verschluß der Kavität mit Zement. Die makroskopische und mikroskopische Untersuchung erfolgte nach 2—4—6 Wochen. Es stellte sich heraus, daß Farbstoffe kaum sichtbar ins Dentin eingedrungen waren. Daraus läßt sich aber auch ersehen, daß Phantomversuche nicht ohne weiteres auf Mundverhältnisse zu übertragen sind. Denn dieser Versuch erwies, daß Diffusionen am Zahn, der im Kiefer steht, unvergleichlich langsamer vor sich geht als in vitro.

Wenn nach diesem Versuch gewiß auch nichts Abschließendes gesagt werden kann, so geben doch die Nachprüfungen den Autoren die Frage auf, welche Zustandsänderung sich nach der Extirpation der Pulpa in den Kanälen abspielen mag: Schrumpfung, Eintrocknung, Koagulation? Darum eine so langsame Diffusion? Keßlers Schlußfolgerungen sind darum wichtig zu erwähnen, weil er daraus Schlüsse für die klinische Behandlung zieht. Wenn in 6 Wochen kaum Diffusionserscheinungen eintreten, wie sollen z. B. dann medikamentöse Substanzen zur Tiefenwirkung bei Wurzelbehandlungen gelangen? Dazu kommt der Nachweis Sommers von der höchst oberflächlichen Invasion der Bakterien in die Dentinkanäle. Jedenfalls schließt er ohne Ablehnung der Vitalitätstheorie auf die Bedeutungslosigkeit der antiseptischen Maßnahmen bei solchen Behandlungen, weil der Kanalinhalt durch diese scharfen Gifte außerordentlich verändert wird, es wird eine weitere Einwirkung verhindert.

Urbantschitsch: Parallel zur Diffusion intra-vitra führte er Vitalfärbungen durch. Unter Hunden, Meerschweinchen, Ratten und Mäusen erwies sich der Fledermausversuch als der ergebnisreichste. Er arbeitete mit: Trypanblau, Lithionkarmin, Ferrumsaccharum; Subcutan oder intravenös wurde injiziert. Obwohl Tierzähne untersucht wurden, gestattet sich der Verfasser, die Ergebnisse auch auf menschliche Zähne zu übertragen, weil der histologische Bau der Fledermauszähne dem menschlichen gleich sei. Bei den subcutanen Injektionsversuchen waren Farbstoffpartikel mit dem Säftestrom in die Dentinkanäle eingedrungen, und von dort aus die Grundsubstanz imprägniert. Mit ferrum saccharum gelang nach 3monatiger Behandlung ein Eisennachweis, wie ihn auch Hove erbracht hat, mit Lithionkarmin eine ausgesprochene diffus-rosa Fär-

bung. Allerdings ist erstaunlich, daß Zähne des Oberkiefers ungefärbt blieben, und nur im Unterkiefer besonders stark die letzten zwei Molaren Imprägnation zeigten.

Diese Vorgänge in den Zahnsubstanzen, auch im Schmelz, werden vom Vrf. als Ausdruck einer Flüssigkeitsbewegung, aber durchaus keine Lebensvorgänge bewertet.

Faber bestätigt durch Wiederholung die Versuche von Urbantschitsch mit Lithionkarmin an Fledermäusen. Desgleichen: Beust, Münch, Westin, Kromick, Chase, Jeffery.

Bertram führte einen ähnlichen biologischen Versuch am Hunde durch, wie Keßler am Patienten. Die Befunde für den Schmelz stellten sich nebenbei heraus. Denn seine Untersuchung galt eigentlich den Stoffwechselabläufen im Dentin.

*Kavitätenversuch* mit einer primären im Schmelz, mit einer sekundären im Dentin; *kolloidale Farbstoffe:* Kongorot, Benzopurpurin, Bordeaux extra; *kristalloide Farbstoffe:* Eosin, Nilblausulphat, Trypanblau wurden eingelegt.

*Ergebnisse* für kolloidale Stoffe: scharf umschriebene, der Kavitätengröße entsprechend verfärbte Stelle. Für kristalloide Stoffe: der scharf umschriebene Hof war noch von einer schwachgefärbten Zone umgeben. Diese Farben zeigten ein größeres Durchdringungsvermögen als kolloidale. Der wesentliche Unterschied dieser beiden Gruppen zeigt sich in der wahllosen Ausbreitung der kristalloiden Stoffe, und der Ausbreitung nur in den richtunggebenden Dentinkanälchen der kolloidalen. Die Färbung zwischen Kavität und Pulpa ist am stärksten, aber über der Sekundärkavität liegender Schmelz wird angefärbt, wenn es die regionäre Dentinschicht auch ist. Ein schmaler peripherer Saum blieb frei. Lamellen und Büschel sind am deutlichsten gefärbt. Bei intradentalen und intravenösen Injektionen erhielt der Vrf. stets negative Befunde. Die Ausbreitung der kristalloiden Stoffe wird für chemisch-physikalische Diffusionsvorgänge erklärt. Nach dem Verhalten der kolloidalen Stoffe schließt Bertram auf eine Flüssigkeitsbewegung im Schmelz, weil sie reichlich aufgenommen wurde. Eine Kommunikation Dentin-Schmelz sieht er als bewiesen an, weil nur die regionäre Schmelzschicht des gefärbten Dentins die Färbung weiterführt. Die Abgabe der Stoffe nach außen lehnt er ab, weil ein ungefärbter Saum den Abschluß bildet.

Zusammenfassend kann man über diese Methode wohl sagen, daß sie nur in einem Punkt einheitliche Ergebnisse erzielte, nämlich: daß sich jugendlicher Schmelz in toto färbt. Die Vitalisten sehen

zwar diese Ergebnisse, wie die der Phantomversuche für positiv und beweisend an. Weil die Gegner solches aber ablehnen, ist für den Gesamterfolg genau so wenig eingekommen, wie durch die vorherige Versuchsmethode.

### *Poryphyrine im Zahn.*

Anschließend halte ich Arbeiten von Maacke, Hammer und Pflüger über kongenitale Porphyrie für erwähnenswert. Wenn auch der Leitgedanke ihrer Untersuchungen nicht das Vitalitätsproblem des Schmelzes war, so erwähnen sie aber Befunde an den Hartsubstanzen des Zahnes, die beachtenswerte Ergebnisse und Beiträge zur Erkenntnis der vitalen Geschehnisse in diesen Gebilden vorstellen.

Nach Maacke: Diese konstitutionelle Stoffwechselkrankheit äußert sich neben den sonstigen klinischen Anzeichen in einer Porphyrinablagerung. Schon makroskopisch läßt sich eine Farbveränderung in fast allen Organen feststellen, und was hier besonders interessiert: an den Knochen und Zähnen. — Hier haben wir zwar eine pathologische, aber tatsächliche Vitalfärbung am menschlichen Material vor uns. —

Günther stellte am Schliff fest:

Zement, Dentin = stark braune Pigmentierung,
Schmelz = vollkommen farblos.

Ausnahmsweise fand er an Kronen, die sich noch in der Entwicklung befanden, einen Farbübergang.

Fränkel soll an Backenzähnen die Wurzeln in Länge und Dicke tiefbraun, die Kronen klar weiß vorgefunden haben. Am Tierversuch konnte er beweisen, daß solche Ablagerungen nur in wachsenden Knochen erfolgen; fertige können keine Farbstoffe mehr lagern.

Hammer konnte in Zement und Dentin den Farbstoff nachweisen, aber keineswegs im Schmelz. Er versuchte auch experimentell eine „Hämatoporphyrose" zu erzeugen. Die Ergebnisse waren keine anderen als die Befunde an Patientenzähnen. Solange der Versuch auch ausgedehnt wurde, blieb die Schmelzfärbung negativ.

Borst und Königsdörfer fanden in der Grundsubstanz von Dentin und Zement große Porphyrinablagerungen.

Maacke und Pflüger: Mit einem besonders konstruierten Lumineczensmikroskop stellten sie folgende Befunde auf: Dentin-Zement = schmutzig-violett bis schwarz-braun. *Schmelz:* Imprägnierung am stärksten aber ungleichmäßig an der Sch-D-Grenze. Pe-

ripher nimmt die Farbintensität stark ab. Die Oberfläche ist unverändert. Aus der Färbung der Dentingrundsubstanz, und nicht der Dentinkanäle, wird gefolgert, daß die Porphyrinablagerung an die Kalkausscheidung gebunden ist. Pflüger konnte am Hundeexperiment bestätigen, daß nur während des Entwicklungsstadiums, Porphyrin gespeichert wird. Der ausgebildete Zahn bleibt farblos. Maacke fand an den Zähnen der Patienten auch im Schmelz starken Farbgehalt, im Dentin entsprechend dem Verkalkungsrythmus ein Streifenmuster, im Schmelz diffuse Ablagerung. Daraus entnimmt Vrf. eine unterschiedliche Farbablagerung in beiden Substanzen und deutet daraus, daß jede ihren eigenen Verkalkungsrythmus besitze. Nach beendeter Entwicklung soll eine nachträgliche Kalkzufuhr vom Dentin für den Schmelz die Ursache sein. *Experimentell* versuchte sie fertigausgebildete Zähne durch Uroporphyrin zu färben. Nach 17tägiger Einwirkung wurden die Zahnschliffe im ultravioletten Licht untersucht. Dentin war fleckig rot gefärbt und nur der Inhalt der Dentinkanäle. Weil sie keine Schmelzbefunde erwähnt, muß es wohl angenommen werden, daß er unverändert geblieben war.

In diesen Patienten- und experimentellen Befunden sehe ich eine Parallele zu den bisherigen Methoden. Der Befund am Schmelz, den Maack feststellte, mußte bei einer kongenitalen Krankheit zu erwarten sein. Wie bei den Vitalfärbungen ist hier eine Ablagerung während der Entwicklung erfolgt. Als Farbstoff, der an Kalkausscheidung gebunden ist, steht er dem Alizarin nahe. Die Ergebnisse sind darum auch einander gleichzusetzen. Den Beweis bringen die mit Uroporphyrin angestellten Laboratoriumsversuche.

### *Remineralisationstheorien.*

Solange schon die Experimentalmethode besteht, einen physiologischen Zusammenhang zwischen Dentin und Schmelz zu beweisen, so alt ist auch der Versuch, die Zusammenhänge zwischen Schmelz und Speichel zu klären. Eine besondere Bedeutung erhalten diese Untersuchungen, nachdem besonders durch die Vitalfärbungen der erhoffte physiologische Zusammenhang Dentin-Schmelz am alternden Zahn auch nicht nachgewiesen werden konnte. Solange allerdings noch eine Einigung aussteht, ob Lamellen, Büschel, Retziusstreifen fehlerhaft oder anatomisch sind, werden die Ergebnisse in gleicher Weise widerspruchsvoll bleiben. Diese Untersuchungsmethode wird auch besonders von den Gegnern angewandt, die ein Röhren-, Kanalsystem im Schmelz leugnen. Aber die Tatsache, daß

sich im Schmelz Substanzveränderungen abspielen können, ist nicht abzustreiten. Die klinischen Symptome und die Tatsache, daß der Schmelz von der Zeit des Durchbruchs gerechnet bis zur definitiven Härtung, sich in seiner Zusammensetzung ändert, weil sie die Verbindung Schmelz-Dentin für ganz unmöglich halten, suchen sie die Erklärung in dem Verhalten des Speichels. Gerade auch bei dem „Phänomen der zeitlichen Disposition" rechnet man damit, daß das plötzliche Auftreten der Caries mit einer Störung des Gleichgewichtszustandes zwischen Speichel und Schmelz zu tun hat, in cariesfreien Zeiten dagegen, dieses Gleichgewicht erhalten ist. Die Annahme findet Anklang, besonders weil der Speichel im Säftebestand des Körpers seine große Rolle spielt und den Schwankungen des Kreislaufs auch unterworfen ist.

Vitalisten und Gegner beteiligen sich zusammen an den Untersuchungen, und so führt auch dieser Weg wieder zu den unterschiedlichsten Ergebnissen.

*Der exogene Stoffwechsel.*

Man nimmt für die Ablagerung von Kalksalzen im Schmelz, während der Entwicklung die gleichen Vorgänge an, wie im Knochengewebe. Die Kalkablagerung ist im Zahnorgan während der Entwicklung ein physiologisch-chemischer Vorgang. Sie erfolgt in eine vorgebildete organische Matrix. Die Kalksalze werden mit anderen Stoffen durch den Blutkreislauf an die Organe herangeschafft. Kohlensäure hält die Kalksalze schwebend-gelöst (übersättigte Lösung). Die Kalkablagerung kann nur erfolgen, wenn die Kohlensäurespannung niedriger wird, und der Kalk ausfällt. Dadurch tritt eine „Reaktionsverschiebung im Gewebe nach der alkalischen Seite" ein; die Kalksalze fallen aus, und können nun gebunden werden. Robinson hat das Ferment Phosphatase nachgewiesen, unter dessen Wirkung die Verkalkung im Knochen erfolgt. — — Im Schmelz wird der Kalk an Globulin gebunden und bildet den kalkhaltigen Eiweißkörper Calcoglobulin. Man stellt ihn sich zunächst kolloidal vor. Durch Aenderungen seiner H-Ionen-Konzentration tritt Koagulation ein (Andresen).

v. Ebner hat nach Entwicklung und experimenteller Färbbarkeit vier Stadien des Schmelzes aufgestellt. Er zieht als Stütze die optischen Befunde Hoppe-Seylers' heran: daß *junger Schmelz* eine positive Doppelbrechung, *fertiger Schmelz* eine negative aufweist, wird auf eine nachträgliche Kalkzufuhr geschoben. Das heißt

aber auch, daß der jugendliche Schmelz leicht permeabel ist, daß eine posteruptive Nachhärtung stattfindet.

1. *Primärer Schmelz* = unmittelbar an den Schmelzzellen stark färbbar. Noch nicht doppelbrechend.
2. *Junger Schmelz* = deutlich gesonderte Prismen in toto färbbar. Stark positiv doppelbrechend.
3. *Uebergangsschmelz* = Prismen scharf gesondert, wenig färbbar, teils ohne, teils schon negative Doppelbrechung.
4. *Fertiger harter Schmelz* = nicht mehr färbbar, stets negativ doppelbrechend.

Aber mit dem Zahndurchbruch soll die Entwicklung noch nicht beendet sein. Ein Reifungs- und Härteprozeß wird noch nach dieser Zeit angenommen. Der Prozeß soll nach der Annahme der Vitalisten auch über Pulpa-Dentin-Schmelz erfolgen. Die Gegner führen diese Wandlung auf die Beziehungen zwischen Speichel-Schmelz zurück. Damit legen sie sich nicht fest, daß es ein physiologisch-chemischer Vorgang seien soll. Auch physikalisch-chemisch ist dieser Reifungsprozeß genau so vorstellbar. Diese Vertreter befürworten eine exogene De- und Remineralisation des Schmelzes. Soweit Vitalisten die exogenen Vorgänge akzeptieren, deuten sie sie auch als Ausdruck der Lebensvorgänge. Sie bauen darauf sogar eine Therapie auf.

H e a d arbeitete als Erster auf diesem Gebiet. Er entkalkte intakten Schmelz durch schwache Säuren (Orangen- und Zitronensaft). Danach wurden die Zähne in Speichel von cariesresistenten Individuen gelegt, und der Schmelz erlangte wieder ein gesundes, glänzendes Aussehen zurück. Diese Fähigkeit schrieb er dem Speichel zu. Dabei ergab sich, daß die Entkalkungsfähigkeit von einem Speichel-Säuregemisch 10—20mal geringer ist, als die, derselben Säure-Wasserkonzentration. Daraus schloß er, daß im Speichel Hemmungsfaktoren gegen Entkalkung wirksam sind.

P i c k e r i l l bestätigte die hemmende Kraft des Speichels, und stellte weitere Versuche über die Durchlässigkeit der Schmelzoberfläche für Lösungen an. Er prüfte das physikalisch-chemische Verhalten der Schmelzoberfläche bei: durchgebrochenen-, nichtdurchgebrochenen-, klinisch malakotisch-, klinisch sklerotischen Zähnen. 10%ige Ag $No_3$-Lösung kam zur Anwendung. Dabei stellte sich eine verschieden breite Durchdringungsfläche der einzelnen Typen heraus. Nur die Tiefe bei den nichtdurchgebrochenen Zähnen war einheitlich. Demnach mußte etwas im Zahne vor sich gehen, wenn er

den exogenen Einflüssen ausgesetzt wird. Bei umgekehrter Einwirkung vom Kavum her, konnte keine Durchgängigkeit vom Dentin zum Schmelz beobachtet werden. Daraus folgerte Vrf., daß eine Flüssigkeit, die einen festen Körper im gelösten Zustande enthält, in die äußeren Schichten des Schmelzes dringen kann, und die feste Substanz dort entweder chemisch gebunden oder gefällt wird; ebenso, daß der zuerst gebildete Teil des Schmelzes undurchgängig ist, während der letztgebildete Flüssigkeiten hindurchtreten läßt. Der Vrf. fand im Verhalten der Medien zueinander, daß die Durchlässigkeit der Schmelzoberfläche umgekehrt proportional zur Durchbruchszeit ist. — Darauf baute er seine *Theorie* auf: — Das Sch-O-H des fertigen Zahnes ist eine semipermeable Membran — durchlässig für Kristalloide (Calciumphosphat) — undurchlässig für Kolloide (Mucin-Albumin). — Die Kalksalze werden durch Kohlensäure in Lösung gehalten, und können diffundieren. Die Kohlensäurebindung scheint locker zu sein (Kolloide werden zunächst zurückgehalten). Entweicht „C" zu früh, fällt das Phosphat vorher aus, und es erfolgt keine Diffusion. Bei fester „C"-Bindung erfolgt die Diffusion von Phosphaten mit Spuren von Albumin, Lymphe, Kohlensäure. Entweicht „C" nach der Diffusion, bindet sich das gefällte Calciumphosphat an die Eiweisstoffe, und bildet das widerstandsfähige Calciumglobulin (von Weber für hypothetisch erklärt). Dringt aus dem Speichel also gelöstes Calciumphosphat, entsprechend $AgNo_3$, von außen ein, so erfolgt die „Nachhärtung der experimentell nachgewiesenen weicheren Schmelzaußenschicht".

Andresen befaßte sich mit dem Remineralisationsproblem unter ganz bestimmten Gesichtspunkten. Ihm lag weniger daran, durch experimentelle Nachweise und theoretische Erwägung das Gebiet zu bearbeiten, als auf Grund seiner Auffassung therapeutische Versuche zu unternehmen. Er ist Anhänger der Vitalisten und exogenen Stoffwechseltheorie. Er nimmt eine Verarbeitung von Kalksalzen in den organischen Substanzen (ultraporöses Skelett) des Schmelzes an. Er macht die Einschränkung einer „geringeren Vitalität des Schmelzgewebes". Seiner Methode lag die Ansicht zugrunde, daß wenn Beziehungen zwischen dem Speichel und Zahn bestehen, gelöste Partikel mit Flüssigkeiten eindringen können, auch therapeutisch die Tatsache auszuwerten seien muß. Er versuchte beginnende Caries zu heilen, so unmöglich es erscheint. Besondere kalkhaltige Zemente sollten, an den betreffenden Läsionen fixiert, in die kalkarmen Partien diffundieren, und den herabgesetzten Wider-

stand herstellen. Er berichtet von Erfolgen, beginnende Caries, in Form kreidiger Flecken und oberflächlicher Erosionen, „geheilt" zu haben.

Ehrensberger betrachtet den Schmelz als Kolloid im biologischen Sinn. Auf Schwankungen in seiner Umgebung reagiere er, wie die Kolloide sich durch Instabilität auszeichnen. In die organisierte Matrix werde von den Tomes'schen Fasern die Mineralösung zentrifugal diffundiert. Nach der Ausbildung des Schmelzes bleibe von der Matrix ein Restbestand als „subtil verteilte Grundsubstanz" im fertigen Schmelz bestehen. Wie alle Kolloide soll er durch „Altern" kristallinisch erstarren. Er büßt seine biologischen Eigenschaften ein. Aber „die restliche Muttersubstanz", bleibe auch im späteren Leben den Diffusionsvorgängen zugänglich.

Fürst hat eine vom Alter abhängige, verschieden starke Durchgängigkeit der Schmelzsubstanz beobachtet. Er hält die Zahngewebe für semipermeabel, die aber besonders auch Kristalloide nur dann vollständig hindurchdringen lassen, wenn die Oberfläche des Zahnes durch äußere Einflüsse bereits verändert ist. Diese Eigenschaften waren auch am gerade durchgebrochenen Zahn fetzustellen. Mit zunehmendem Alter lassen sie nach. Er schließt sich der Porentheorie an, und führt die abnehmende Permeabilität auf das Schließen der Zahnwandporen zurück. Durch seine Versuche bestätigt sich ihm die Richtigkeit der Pickerillschen Theorie. Bei der Beurteilung der Durchdringungsergebnisse des Schmelzes von außen, spricht er dem Sch-O-H ein osmotisches Verhalten im „Sinne eines intradentalen Stoffwechsels" ab. „Vielmehr", sagt er, „wirken physiko-chemische Energien im Sinne einer Grenzflächenaktivität (Oberflächenenergie) zwischen Speichel und Sch-O-H". Als abhängige Faktoren stehen sich gegenüber

Viscosität, Reaktion, Mucingehalt des Speichels.

Zum anderen: die Beschaffenheit der harten Zahnsubstanz (größte Oberfläche und Dichte).

Weil das Sch-O-H nur für Kristalloide, aber nicht für Kolloide durchgängig ist, lehnt er Lebensvorgänge ab, denn gerade Serum und Eiweiß, die im Stoffwechsel die größte Rolle spielen, werden von ihm abgehalten. Die Vorgänge an der Schmelzaußenseite hält er für Absorption, d. h. nur ein teilweises Eindringen gelöster Substanz in den Schmelz.

Türkheim ist ein Anhänger der exogenen physikalisch-chemischen Theorie. Er hat selbst eine Zusammenstellung der Verän-

derlichkeiten am Schmelz aufgestellt. Weil er sie nicht abstreiten kann, die vitalen Färbeversuche und Diffusionsexperimente negativ ausfielen, glaubt er an eine Abhängigkeit zwischen Speichel und Schmelz. Er prüft die Vorgänge an der Schmelz-Außenseite, bei Zimmer- und Mundtemperatur kontrolliert er die Durchdringung neutraler Farbstoffe an intakten und leicht kariösen Zähnen. *Farblösungen:* Methylenblau, Diamant-Fuchsin, 10%ig $AgNo_3$, ammoniakalische Silberlösung (Formolreduktion), Jodtinktur. *Versuchsdauer:* Tage, Wochen, Monate.

Die besten Ergebnisse erzielte er mit ammonialkalischer Silberlösung und 10%ig $AgNo_3$. Es gelang aber stets nur den Schmelz von außen zu färben; manchmal fast ganz. Gelegentlich wurde auch von außen her ein Dentinkern mitangefärbt, aber nie fand sich die Schmelzanfärbung von der Dentinseite her. Eine wiederkehrende Regelmäßigkeit des Farbweges war nicht festzustellen. Bei der Imprägnierung der cariösen Zähne stellte sich eine intensive Tönung der Defekte heraus, aber der gesunde Schmelz blieb scharf abgegrenzt und ungefärbt. T. schließt sich Pickerills Auslegung an. Er hat keine Verbindungen zwischen Schmelz-Dentin feststellen können; umgekehrt kann sie eintreten, d. h. auch, daß der zuerst gebildete Schmelz undurchlässig, der zuletzt gebildete durchdringbar ist. Weil er die Beschaffenheit des Schmelzzustandes von dem Speichel und seiner Reaktion abhnägig macht, hält er Andresens Remineralisationsversuche für verfehlt. Er verlangt, daß man nicht „mechanisch-therapeutisch" den Zahn behandele, sondern durch „biologische Methoden den Speichel ins Gleichgewicht" zum Zahn setzen soll.

Neue Rätsel geben die Befunde von Karlström auf. Er führte Härteprüfungen durch, und konnte feststellen, daß von der Schmelzoberfläche zum Dentin hin eine abnehmende Härte auftritt. Wie soll man nun äußere Diffusion und größte Härte, innere Undurchdringlichkeit und innere herabgeminderte Härte in Einklang bringen? Die Lösung dieser Frage bleibt dahingestellt.

Leigh: arbeitete mit: Fuchsin, Gentianaviolett, Kristallviolett, Brillantgrün. Die Schmelzsubstanz zeigte wieder ein ganz entgegengesetztes Verhalten, gegen die bisherigen Berichte. Der Schmelz blieb farblos, wenn die Nasmythsche Membran unverletzt war. Nur wenn sich Risse und Sprünge vorfanden, konnte die Farbbahn sogar bis in die Prismen verfolgt werden. Die Versuche, den Schmelz vom Dentin her zu imprägnieren, verlief daher positiv. Darum

stellte er sich auf die Seite derer, die die endogenen Stoffwechselvorgänge propagieren, und hält ein exogenes Eingreifen nur dann für erfolgreich, wenn bei Läsionen des äußeren Schmelzes, Diffusion möglich ist.

Dierks: führte im großen Stil Kontrollen über die bisher unternommenen Experimente durch. Er benutzte auch, die von den Autoren erfolgreich angewandten Lösungen. Seine Versuche stellte er auf vergleichende Basis zwischen Tier und Mensch. — Omni-, Karni-, Herbiforen. — Flüssigkeiten: Methylenblau, 10% $AgNo_3$, Diamant-Fuchsin, ammoniakalische Silberlösung. Dauer: 1 Woche bis 3 Monate. Die Herrichtung der Zähne erfolgte nach Pickerills Angaben. Im Sinne der Anti-Vitalisten ist dieser Versuch wertlos, weil von ihnen ein Vergleich zwischen Mensch- und Tierzahn als unzulässig abgelehnt wird. Dennoch hat sich gezeigt, daß trotzdem keine Wirkungsunterschiede zwischen den Lösungen bestehen, als vielmehr ein struktureller Unterschied die Ergebnisse beeinflußt. Kontrolle nach: Fürst, Pickerill, Türkheim ergaben dieselben Werte für die Eigenschaften der Lösungen, und die Diffusionsgröße. Wichtig ist, daß keine Kommunikation zwischen Dentin-Schmelz auftrat, aber eine tiefere Durchdringung von der Oberfläche her; es trat völlige Unregelmäßigkeit auf; Dentinanfärbung bei Sprüngen und Lamellen.

Urbantschitsch: setzt seine Versuche auch mit 10%iger $AgNo_3$-Lösung an. Wenn auch seine Ergebnisse im wesentlichen dieselben sind, wie die zuvor erwähnten, gelingt es ihm aber bei einer kombinierten Einwirkung von außen und innen, eine Konfluenz externer-interner Imprägnationszonen. Daraus ersieht er nochmals eine Bestätigung seiner Diffusionsversuche.

Immer wieder muß auffallen, daß bei allen Versuchen und Ergebnissen bei gleicher Grundbedingung, abweichende Ergebnisse erzielt werden. Niemand hat bisher dafür die Ursache herausfinden können.

Faber: setzt diese Versuchsreihe fort. Färbung von außen, indem der Zugang durch das Cavum durch Paraffin verschlossen wurde. Farblösung = Diamant-Fuchsin; Einwirkung oft in einigen Monaten. Er hat keine totale Schmelzfärbung über größere Strecken erhalten. Der weit umfassendere Teil blieb farblos. Auch er sieht wie Urbantschitsch eine Stütze darin für die Annahme, daß nach den erfolgreichen umgekehrten Versuchen (siehe Diffus.) die Wege vom Dentin in den Schmelz führen.

Weber: Seine Versuche brachten wieder in diese hin- und herpendelnden Ergebnisse, ein einschneidendes Resultat.

Ich setze das Ergebnis seiner Versuche voran. Er weist nach, daß Speichel nicht remineralisierend auf einen arrodierten Schmelz wirkt, sondern gerade umgekehrt, eine weitere Entkalkung fördert. Er stellte sich die Aufgabe, mit chemisch-analytischer Methode nachzuweisen, ob jugendlicher, noch nicht in der Entwicklung abgeschlossener Schmelz, aus dem Speichel den zum Aufbau nötigen Kalkstoff (Calcium und andere Salze) aufnimmt; die Nachprüfung, unter welchen Umständen, wann und wieviel der Zahn von seinen Aufbaustoffen an die Umgebung abgibt.

Kälberzähne: ohne sichtbare Sprünge, Wurzel mit Wachs bekleidet — Versuchsanordnung: 1. Zähne, deren Gewicht bekannt ist, wurden gleich nach der Extraktion für 14 Tage in Speichel gelegt (Zusammensetzung bekannt); 2. Desgleichen Zähne, die zuvor 3 Wochen an der Luft getrocknet waren; 3. solche, die zuvor in Aqua dest. oder physiologischer Kochsalzlösung gelegen haben, wurden hinterher gleichfalls in Speichel gebracht. Die Kontrolle ergab für alle Versuche weder Calciumabgabe noch Calciumabnahme im Speichel. Der Verf. schließt daraus, daß keine Veränderung der Oberfläche des Zahnes durch eine Entkalkung eintrat. Wichtig ist aber auch, daß die jugendlichen Zähne keine Ca-Salze aus dem Speichel aufnehmen, und daß in diesem Falle der schwach-saure Speichel (pH = 6.4) nicht entkalkend wirkt. — Weiterer Versuch: Nachdem frische Kälberzähne in bestimmter Weise einer Säurewirkung ausgesetzt wurden, kamen sie für 14 Tage in den Brutschrank = 36,5° C; weitere 14 Tage in Speichel, von bekannter Zusammensetzung (Ca, P u. $CO_2$ gesättigt). Nach den Versuchen wurde der Speichel ausschließlich auf Ca u. P untersucht. Es fand sich mehr Ca im Speichel als vor dem Versuch. Danach mußte er schließen, daß die Remineralisationstheorie falsche Wege geht. Je stärker die Entkalkung durch Säure ist, um so stärker auch die Kalkabgabe an den Speichel. Erfolgte in Pufferlösungen keine Schmelzentkalkung, findet nachher im Speichel trotzdem eine sehr starke statt.

Ca-Verlust des Zahnes
Ca-Abgabe an die Lösung } verlaufen parallel.

Um die Ursache des ersten Erfolges zu erfahren, ob eventuell ein Schutzkolloid gewirkt hätte, wurde untersucht, ob enteiweißter Speichel in selber Weise entkalkend wirkt, wie Pufferlösungen. Nach

8 tägiger Einwirkung dieses Speichelfiltrates — teils angesäuert, teils alkalisch — zeigte sich keine Ca-Zunahme in der Versuchsflüssigkeit. Daraus ist zu ersehen, daß kurzer Aufenthalt in schwachsauer, oder alkalisch reagierender Flüssigkeit nicht entkalkend wirkt. Damit bricht die ganze Remineralisationstheorie und -therapie zusammen. Die Ursache führt Verf. auf eine chemische Beeinflussung der Schmelzoberfläche zurück, die die Struktur derart schädigt, daß später sogar sonst unschädliche Flüssigkeiten entkalkend wirken. Die Diffusion von Farb- und Gewebsflüssigkeiten gibt er zu. Er fragt sich nur, ob der Schmelz die angebotenen Stoffe „verarbeiten kann, d. h. ob er es notwendig hat, irgendwelche angebotenen Nährstoffe nun auch zu assimilieren". Die Remineralisationserfolge anderer Autoren führt er nicht auf Assimilationswirkung zurück, sondern auf eine „Mikroplombierung" (Schütz), die durch „empirisch zusammengestellte Medikamente" erreicht wird. Eine Nachhärtung des durchgebrochenen Schmelzes lehnt er ab, nur „bei noch permeabler Zahnoberfläche sei das Eindringen gelöster Kalksalze in den Schmelz jedoch denkbar".

Er schließt sich dadurch der Theorie von:

W. I. Schmidt an. Dieser hält eine Nachhärtung des Uebergangsschmelzes für möglich. Aber die Kalksalze sollen dem jungen Schmelz nur von außen, auf die einzelnen Prismen aufgelagert werden; nur kleinste Teile dazwischen. Diese Vorgänge spielen sich aber ohne Mitwirkung lebender Substanz ab. Von dieser Warte gesehen, können dann auch die vorhandenen, organischen Zwischenlagerungen mal als zuführende Wege, ähnlich den Tomes'schen Fasern, angesehen werden. Eine nachträgliche Verkalkung organischer Massen kann ohne eigene Verarbeitung geschehen. — Weber ist zu dem Schluß gekommen, daß nach seinen Versuchen und klinischen Beobachtungen der Schmelz doch „zur Aufrechterhaltung seiner Struktur im Zusammenhang mit dem Dentin steht". Er schreibt ihm eine, von dieser Seite erfolgende Salzversorgung zu; der ganze Vorgang vollziehe sich aber im „trägen Ablauf"

McClelland prüfte auch die entkalkende Wirkung verschiedener Pufferlösungen am Schmelz. Sie hatten verschiedene pH-Werte. Schmelzstückchen wurden hineingelegt. Durch Wägungen, anfangs täglich, dann in größeren Zeitabschnitten, wurden Gewichtsverluste ermittelt. Er schrieb den Verlust dem Kalk des Schmelzes zu, weil er 95% des Gebildes ausmacht. Die geringste „Acidität",

bei der noch Entkalkung auftritt, liegt zw. pH 5.5 u. 6.0; darüber hinaus steigt mit der Acidität auch die Entkalkung.

Ergebnis: Die Entkalkunggröße ist von der Acidität der Lösungen abhängig.

Kraus berichtet von einem ganz besonderen Ergebnis bei Entkalkungsversuchen. Er stellte eine Immunisierung, unter bestimmten Umständen gegen Entkalkung fest.

Er entkalkte Schmelz in einem Glykose-Speichelgemisch. Es bestand eine Abhängigkeit von der Menge des Speichels.

1. Schmelz in Speichel und 0,5% Traubenzucker bei 37° zeigte nach kurzer Zeit Gewichtsabnahme.

2. Wurden Ca-Karbonat u. Ca-Lactat hinzugesetzt, blieb die Entkalkung aus (Neutralisierung der Milchsäure durch Ca-Lactat). Nach wenigen Tagen zeigte sich Gewichtszunahme, die makroskopisch als Kalkniederschlag festgestellt wurde, und aus dem Speichel stammte; wurde dann der Schmelz in einen Glykosespeichel ohne Zusätze gebracht, trat Gewichtsverlust ein; Schmelz, der zuerst im Glykosespeichel entkalkt wurde, dann in gepufferte Lösung kam, zeigte sich in seinem Verhalten gleich solchem Schmelz, der ohne vorherige Entkalkung gleich zuerst in den gepufferten Speichel eingelegt wurde. Legte man dann aber den letzteren in Glykosespeichel, trat kein Gewichtsverlust ein, wie bei obigem Versuch = der Schmelz verhielt sich „immun". Makroskopisch zeigten die immunen Schmelzstücke eine gelblich glänzende Oberfläche, die entkalkten eine kreidige, matte, weiße. Kraus glaubt aus seinen und McClelland's Versuchen schließen zu müssen, daß außer der Acidität des Lösungsmittels, noch innere Faktoren mitsprechen. Er hält eine einfache Reaktionsänderung innerhalb des Schmelzes für sicher, daß Kalkverschiebungen der eigenen Substanzen eintreten, und eine „Remineralisation" aus dem Inneren erfolge. Auf die Herstellung des osmotischen Gleichgewichts zw. Speichelgemisch und Schmelz-Innerem führt er zurück, daß die Entkalkung zum Stillstand kommt.

### *Elektrophorese.*

Die elektrischen Untersuchungsmethoden, die bei physiologischen Experimenten einen allgemein anerkannten Weg vorstellen, Abläufe zu registrieren und analysieren, wurde auch bei der Erforschung des Schmelzes angewandt. Diese Methode wurde in gleicher Absicht gewählt, wie die erwähnte, die Durchgängigkeit der Substanz für Lö-

sungen zu ermitteln, und über das elektro-physikalische Verhalten des Schmelzes, Kenntnisse zu sammeln. Wie sich an anderen lebenden und toten Geweben Schwankungen im Verhalten gegenüber dem elektrischen Strom zeigen, so muß sich auch Aehnliches in den Zahngeweben abspielen.

Elektrophorese, Kataphorese, Elektroendosmose, Elektroosmose sind Variationen der Methoden.

Unter Elektrophorese versteht man eine, durch elektromotorische Kraft ausgelöste, mechanische Bewegung von Flüssigkeitsteilchen, dabei wird eine poröse Scheidewand passiert. Es kann der gleiche Vorgang mit kolloidalen Stoffteilchen ausgelöst werden. Kataphorese bezeichnet die spezifische Wanderung zu der Kathode. Der Vorgang wird durch die elektrische Entladung der Stoffteilchen ausgelöst, mit denen die Teilchen (Kolloide) behaftet sind. Elektroendosmose ist eine, von außen nach innen erfolgende Osmose. Elektroosmose = eine Einführung von Substanzen in Körper, nicht in Ionen gespalten, sondern in toto. Verwendet wird gleichgerichteter Hochfrequenzstrom.

Klein-Amberson stellten fest, daß die Leitungsfähigkeit des Schmelzes sich dem elektrischen Strom gegenüber ändert, wenn er in Salzlösungen oder Aqua dest. taucht. Kleine Schmelztassen, aus Hundezähnen präpariert, wurden von allen aufgelagerten Stoffen mit Aqua dest. entfernt. Sie wurden in einen Vacuum-Röhrenwiderstandsmesser eingebracht; in Salzwasser getaucht; der Widerstand wurde gemessen. Innerhalb 48 Stunden fand ein dauernder Fall des Widerstandes bis zur Gleichgewichtsstellung statt. Das Endresultat zwischen den einzelnen Tassen ist verschieden. Die Schwankungen werden der unterschiedlichen Porenzahl und Wanddicke zugeschrieben. Der abnehmende Widerstand gilt als Folge des zunehmenden Salzgehaltes im Schmelz, d. h. er gelangt durch Diffusion hinein.

Entin: im Rahmen seiner Arbeit über Speichelelektrolyte ist die Feststellung wichtig, daß auch die Schmelzoberfläche Veränderungen durch sie faheren kann. Die elektrische Ladung der Schmelzoberfläche kann gleichfalls verändert werden. Die Oberfläche selbst, das kolloidale Stützgerüst nämlich, kann quellen oder schrumpfen. Dadurch sollen sich im Schmelz elektrocapilläre Strömungen bilden, die in zentrifugaler und -petaler Richtung fließen. Farblösungen waren: Methylenblau und saures Fuchsin. Die zentrifugale Richtung wurde als üblichste und günstigste Strom- und Strö-

mungsbahn festgestellt. Der Versuch ließ sich durch Alkalien beschleunigen, oder durch Säuren verlangsamen. Die Permeabilität war abhängig vom Alter des Zahnes. Die einzelnen Zähne und Zahnflächen erwiesen sich als verschieden durchlässig.

Urbantschitsch verwendete zu seinen Versuchen eine 1%ige Safraninlösung. Er erreichte eine Schmelzfärbung, d. h. aber der organischen Anteile in der Substanz. Auf dem Wege vom Dentin her stellten sich farblich dar: Kanalverzweigung an der Schmelz-Dentingrenze und anschließend I. P. S., kolbenförmige Fortsätze, Lamellen, Büschel und Retziusstreifen. Die Farbintensität erwies sich von der Zeitdauer des einwirkenden Stoffes abhängig. Daraus zieht der Verf. den Schluß, daß diese Erscheinung auf eine träge Strömung innerhalb des Schmelzes deutet, und entsprechend auch nur mit einem sehr trägen, langsamen Stoffaustausch gerechnet werden muß. Diese Ergebnisse und die der Vitalfärbung sowie der Diffusionsversuche sind ihm beweisend für einen Schmelzstoffwechsel auf vorgeschriebenen Bahnen.

Türkheims Ergebnisse auf diesem Wege sind im Grunde dieselben wie die der $AgNO_3$-Versuche. Er arbeitete mit der Wöbberschen Apparatur und ließ einen Strom von 0.1 Milliampère 24 Stunden einwirken. Wechselnd dienten Schmelz oder Dentin als Kathode. Es wurde ein Platindraht unmittelbar an angerauhten Schmelz oder Dentin zementiert. Versuchsflüssigkeit: Methylenblau; einzementierte Kathode lag innerhalb der Lösung. Diese Anordnung traf er, weil das Methylenblau, das mit dem Strome fließt einmal von innen nach außen, und umgekehrt von außen nach innen den Schmelz durchdringen sollte. Mit der Schmelzfärbung von außen wurde ⅓ der Substanz imprägniert; von innerhalb wurde der Schmelz über die Schmelzdentingrenze angefärbt; da aber der Vrf. als Beweis eines herrschenden Stoffwechsels eine Totalfärbung verlangt, sieht er in diesem Ergebnis wiederum nur eine Stütze der antivitalistischen Theorie.

In großem Stil befaßte sich die russische Schule mit der Prüfung der Schmelzdurchlässigkeit für die verschiedensten Stoffe. Nach anfänglich üblichen Diffusionsversuchen bevorzugten sie die Elektroosmose, um den Vorgang zu beschleunigen, um noch mit bestimmt überlebendem Material zu arbeiten; während auf sonst übliche Weise die Osmose zu langsam vor sich geht, um den Vorgang noch an lebendem Material zu verfolgen. Die Durchlässigkeit des Schmelzes wird auf Chlor und NaCl geprüft.

Wassiljew-Manjewitsch: Der zu untersuchende Zahn wurde in ein kleines Zylinderglas gebracht und der Behälter mit 0,85%iger NaCl-Lösung beschickt; eine Elektrode eingeführt; diese Vorrichtung in ein großes zweites Zylinderglas gesetzt, das mit Natriumbicarbonat-Lösung und gleichfalls Elektrode versehen wurde; übliche Sicherungsmaßnahmen und Verschlüsse; *Untersuchungsdauer* 1—2 Stunden bei 3—4 mA. galvanischen Stromes. *Ergebnis:* Es stellte sich heraus, daß lebende Zähne nur eine ganz geringe Permeabilität für Chlor zeigten. An abgestorbenen Zähnen vorgenommene Elektroosmose ergab eine 80% — 100%ige Permeabilität der Gewebe für Chlor. Weil Pulpa-Dentin-Zement einwandfrei als lebende Substanz gelten, stellten die Verfasser reine Schmelzversuche an, um nachzuprüfen, ob er die hemmende Ursache sei. Darum wurden schmelzlose, ganz intakte, lebende Zähne verwendet. Die schmelzlosen Zähne ließen hierbei beträchtliche Mengen Chlor hindurch, und nach dem Absterben noch vermehrt. Dadurch war erwiesen, daß der Schmelz, das am wenigsten durchlässige Zahngewebe ist. Die ganz intakten Zähne mit unverletztem Schmelz ließen gar keine oder minimalste Mengen passieren. Das gleiche Resultat gilt auch für isolierten, lebenden und toten Schmelz. Die Vrf. haben die Ansicht gewonnen, daß dem Schmelz die Anwesenheit von charakteristischen Eigenschaften lebender Materie zugesprochen werden muß, d. h. der Schmelz lebt.

Lukomsky und Rywkina führten den Beweis einer Durchlässigkeit der harten Zahnsubstanzen für Calcium. Uebliche Osmoseversuche wurden neben Elektroosmose durchgeführt. *Material:* frische, überlebende, tote Hundezähne mit und ohne Schmelzhülle; geprüft wurde die Durchlässigkeit von der Kronen- und Wurzelseite her. *Angewandte Lösungen:* 2,5%ige Ringerlösung + Ca; zur Kontrolle Ca-freie Lösungen = Aqua dest.; 1%ige Sodalösung, Ringerlösung — Ca.

Versuchsanordnung: Strom 3—4 mA.; Zeitdauer 60'—120'. Bei den Versuchen war die Diffusionsflüssigkeit Ca-haltig; die umspülende zum Nachweis = Ca-frei; die passierte Calciummenge wurde nach De Waard bestimmt; die Unterschiede, die sich bei Parallelversuchen unter gleichen Bedingungen aber an Zähnen mit, und ohne Schmelz ergaben, mußten ihre Ursache im Schmelz selber haben. Zwischen gewöhnlicher- und Elektroosmose ist der Unterschied der durchgegangenen Calciummenge beträchtlich.

Die Versuchsergebnisse der Russen bestätigen sich gegenseitig. Sie stellten fest, daß ein lebender Zahn mit unverletzter Schmelzhülle in beiden Richtungen in einfacher- und Elektroosmose praktisch undurchdringlich ist. Nur wenn in angewandten Lösungen sich K—Ca nicht das Gleichgewicht halten, sondern zugunsten des Kalium verschoben ist, muß die vermehrte Diffusion auf die lockernde Wirkung des Kaliums zurückgeführt werden. 4 Tage nach der Extraktion beginnt das Absterben der Substanzen, auch des Schmelzes. Das Penetrationsvermögen steigt parallel dem Absterben. Das Maximum ist mit dem Zahntod erreicht. Diese Beobachtung gilt für alle Zahngewebe gleicher Weise bei Osmose und Elektroosmose. Daraus entnehmen L. + R. „daß die osmotischen Erscheinungen nicht nur von den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Lösungen, sondern auch dem biologischen Zustande des Systems, der Zellmembran des Zahnes abhängen."

Begelmann ging von dem Gesichtspunkt aus, daß, wenn die elektrische Leitfähigkeit sich schon durch den geringsten Konzentrationswechsel verändert, diese Methode auch die Diffusion verschiedener Salze durch Zähne anzeigen muß. Weil die elektrische Leitfähigkeit zu beiden Seiten der Membran zu kontrollieren ist, muß ein quantitativer Vergleich der durchgehenden Salze erfolgen können. Eigene Apparatur = komplizierte 2 Zylinder-Konstruktion; beide enthalten Lösungen verschiedener Konzentrationen. Material: tote Menschen-, Hunde-, Kalbszähne. Nach 1—2 Monaten war ein deutlicher Konzentrationsanstieg der Lösung im inneren Zylinder zu beobachten. Dazu ging parallel das Fallen ihres elektrischen Widerstandes. Daher die zunehmende elektrische Leitfähigkeit. Es konnte also nur eine Diffusion durch den Zahn erfolgt sein. Ergebnis: „Die Zahngewebe, einschließlich des Schmelzes toter Tier- und Menschenzähne sind für Wasser durchlässig. Die Zahngewebe, einschließlich Schmelz, sind für Chloride, K, Na, Ca durchgängig. $CaCl_2$ geht langsamer durch die Gewebe, als NaCl".

Jäger: Er arbeitete vor allem mit lebendem Material, mit möglichst im Durchbruch begriffenen Stierzähnen. Seine Versuchsordnung unterschied sich durch die Elektrodenanlage; die Wurzelspitze des Zahnes war abgetragen; die Pulpa exstirpiert, die Krone von der Wurzelseite her vom Dentin befreit; so präpariert wurde der Zahn in einem Zylinder befestigt. In das erweiterte Kanallumen wurde ein Platindraht eingeführt; die elektrische Zuleitung findet sich am unteren Drittel der Glasröhre. Das ganze wurde in ein zwei-

tes Gefäß eingeführt, das mit Ringerlösung gefüllt war; die Krone tauchte zur Hälfte ein. In den Wurzelkanal wurde die Flüssigkeit gefüllt. Sein Ergebnis bewies die Durchlässigkeit des Sch-O-H. für Salzlösungen. „Eine vollkommene Durchdringung des Schmelzes mit Salzlösungen erfolgte bereits nach einem Tag an Stierzähnen, nach 3 Tagen an Menschenzähnen." Das Durchlässigkeitsvermögen des Zahnbeins und fötalen Zahnes für Salze setzt er dem, poröser „Tondiaphragmen" gleich.

Jeffery arbeitete nach der Methode Amberson's. An dem Schmelz von Hundezähnen zeigte sich für Farblösungen und kristallinische Stoffe, Penetrationsvermögen. Ein Unterschied bestand zwischen den Altersstufen der Zähne. Die peripheren Schmelzlagen blieben ungefärbt. Er verfolgte angefärbte Bahnen längs den Prismenscheiden. Auch Menschenzähne ließen die gleichen Lösungen durchtreten, aber in geringeren Mengen. Der Verf. führt die Permeabilitätsgröße des Schmelzes auf die fortgeschrittene Keratinisierung der organischen Substanz zurück.

Applebaum führt die Mißerfolge anderer Autoren auf Nichtbeachtung der elektrischen Eigenschaften des Schmelzes und falsche Farbwahl zurück. Die Farbionen organischer Farblösungen seien zu groß, um durch die feinen Schmelzkanäle zu dringen. Die Membranladung und Porengröße der Wände sollen die Abhängigkeit bedingen. Er will durch Farben die Kanäle im Schmelz darstellen, auf denen Salze und Wasser passierten, wie andere Untersuchungen zeigten. Sein Apparat ähnelte dem von Klein-Amberson. Aber der durch Strömungsflüssigkeit, KCl-Lösung, setzte er Anilinfarbe bei. Damit sollten sich die Wege oder Defekte einzeichnen. Ein 200 Volt starker Strom wurde angewandt. Mit: Methylenblau, Safranin, Fuchsin färbten sich Defekte, aber nicht gesunder Schmelz. An einem noch nicht durchgebrochenen Zahn gelang ihm die Imprägnierung der organischen I. P. S. für Quecksilberbichlorid und Sublimat.

### *Fett im Zahn.*

Unabhängig von den ausgesprochen zum Thema gehörigen Arbeiten und den Befunden möchte ich einzelne Ergebnisse erwähnen. Sie erscheinen mir darum nicht unwesentlich, weil, soweit es die Befunde im Schmelz betrifft, sie letzten Endes auch auf exogene oder endogene Einflüsse zurückgeführt werden müssen.

Akamatsu untersuchte Zahnschliffe von normalen Zähnen: mit Abrasionen, Karies, Hypoplasien. Er färbte mit Sudan III und Nilbausulfat; das Fett zeigte sich in der I. P. S., verschiedentlich innerhalb der Retziusstreifen in streifiger Anordnung. Diffus trat es an der Oberfläche auf, und oft bis zur Sch-D-Grenze heran. Bei Zähnen mit Abrasionen fand sich nur in einem Zahn Fett; dagegen bei kariesfreien zeigten die Hypoplosien oft bis zur Schmelzdentingrenze, innerhalb der Interglobularräume und Retziusstreifen, eine diffuse Verteilung in Tropfenform. Weil bei makroskopisch normalen Zähnen sich das Fett nur in der I. P. S. fand, und nie der Prismenkörper selbst welches enthielt, zog er daraus den Schluß, daß die Prismen solide Körper sind, und nicht, wie Weidenreich und Tomes glauben, röhrenartige Gebilde. Das nachgewiesene Fett im Schmelz stammt nach des Vrf. Ansicht aus den Nahrungsmitteln, und ist somit auf exogenen Wegen hineingelangt. Die Verfettung hält er für „einen Infiltrations- oder Imprägnationsvorgang" von außen. Der Grad der Verfettung ist vom Fettgehalt der Nahrung, bezw. des Speichels abhängig; aber die Beschaffenheit der Schmelzoberfläche spricht auch mit, d. h. je aufgelockerter die I. P. S. oder entkalkter die Prismen, umso stärker der Fettgehalt dieser Regionen. Außer diesem histologischen Nachweis stellte von Bibra analytisch 0,2% Fett im Zahnschmelz fest. Die Fette in cariösen Gruben sollen auch von außen eindringen, die weitgehende Auflockerung des Gewebes ermöglicht es durch Entkalkung. Sein Schlußsatz: „Hingegen weisen unsere Befunde darauf hin, daß im Bereich der interprismatischen Substanz ein, wenn auch noch so geringer Diffusionsstrom auch unter physiologischen Verhältnissen möglich ist. Er ist gesteigert in den Fällen, von vornherein vermindertem oder sekundär herabgesetztem Kalkgehalt dieser Kittsubstanz".

Boedecker stellte mit Sudan IV-Färbung die gleiche Tatsache fest. Er bringt den Fettgehalt des Schmelzes mit der Kariesimmunität in Zusammenhang. Er ist Anhänger des Schmelzvitalismus, und führt die Abläufe auf temporäre Veränderlichkeit einer Lymphzirkulation im Schmelz zurück. Die Odontoblasten sezernieren Zahnlymphe; über die Dentinfibrillen wird sie zur organischen Matrix des Schmelzes geleitet. In der Jugend erfolgt es besonders, in der die Permeabilität der Zahngewebe noch sehr groß ist. Die Lymphe soll auch die „posteruptive Verkalkung" bedingen; sie spielt die Hauptrolle des Vorganges, aber auch Speichelsalze könnten

durchaus die Oberfläche verdichten. Die Menge und Zusammensetzung der Zahnlymphe soll den Widerstand der Hartsubstanzen bestimmen. Die klinisch-histologischen Beobachtungen, daß: 1. im Alter die Kariesfrequenz geringer wird, aber 2. wiederum die Pulpa und Odontoblasten atrophieren, 3. als sichtbarer Ausdruck dafür eine Verfettung der Zellen und Dentinkanäle bekannt ist, d. h. 4. auch ein Rückgang der Lymphproduktion und -zirkulation eintreten muß, sieht er die Verfettung als Ersatz-Schutzstoff an, und erklärt sich damit die Immunität der Individuen, in hohen Altersstufen. Das Fett soll die Substanz impermeabel für Lösungen machen, und auch für die kariesfördernden Säuren. B. schließt aus den analytischen Fettnachweisen im Schmelz (Bibra) sogar, daß in der Gebrauchsperiode das Fett, wie auch in anderen Organen, so im Schmelz und anderen Hartsubstanzen normaler Bestandteil der Gewebe ist. Unter bestimmten Bedingungen wird er erst später „für spezifische Färbemethoden empfindlich". So hält er die Kariesfrequenz und -immunität für abhängig vom Fettgehalt der Zahngewebe. Je höher der Prozentsatz an Fett, umso geringer die Permeabilität der Substanzen für Lösungen.

W e b e r fand an abgekauten Zähnen eine durchgängige Verfettung der Odontoblastenfortsätze bis zum Cavum. Er schließt sich Fish an, und sieht eine degenerative Aeußerung darin. Die Ursache soll der giftig wirkende Speichel sein, der durch Diffusion vordringt.

Abschließend möchte ich doch sagen, daß ich bei der Durchsicht der umfangreichen Literatur sehr stark den Eindruck gewonnen habe, daß die Ergebnisse aller Methoden und aller Parteien, im Ganzen gesehen, doch nicht so unterschiedlich sind, wie immer betont wird. Vielmehr zögert die große Meinungsverschiedenheit und Auslegung eine klare Entscheidung hinaus.

## *Eigene Versuche.*

Mir wurde die Aufgabe gestellt, an verbürgt frischem Zahnmaterial Diffusions- und Quellungsvorgänge des Schmelzes zu überprüfen.

Die Arbeit wurde ohne persönliche Parteinahme für oder gegen den Schmelzvitalismus durchgeführt. Von vornherein sollte erst zum Schluß, nach den Ergebnissen allein, eine Stellungnahme erfolgen.

Der in der Literatur so heiß umstrittene Begriff der „Diffusionsvorgänge" ist darum auch durchaus weitläufig aufzufassen, weil er nicht an die chemisch-physikalische oder physiologisch-chemische Wertung gebunden wird. Durch das Entgegenkommen der Chirurgischen Abteilung des Zahnärztlichen Institutes war es mir möglich, mit ganz frischem Material zu arbeiten. Sofort nach der Extraktion wurden die Zähne in Normosallösung gebracht, und noch am selben Tage die Versuche angestellt. Ich benutzte die Normosallösung, weil sie als steriles Gemisch menschlicher Blutsalze am gewebsfreundlichsten ist, und die Frischerhaltung des Materials weitgehend sicherte. Es war mir daran gelegen, möglichst alle Kunstfehler auszuschließen. Die Säuberung der Zähne wurde bei ständiger Feuchthaltung mit Normosallösung besorgt.

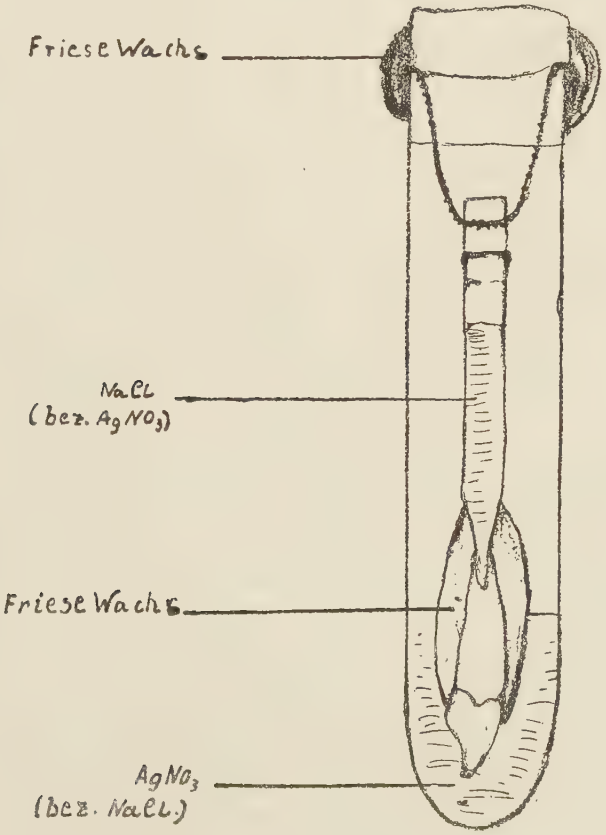
### *I. Reihe der Diffusionsversuche.*

*Versuchsmaterial:* Schneidezähne, Eckzähne, Praemolaren.
*Flüssigkeiten:* 5% u. 10%ige NaCl-Lösung
5% u. 2%ige $AgNO_3$-Lösung

Es wurde das Diffusionsvermögen der Zähne von der Wurzel- und Kronenseite her geprüft. Es mußte sich in jedem Fall Chlorsilber bilden, wenn eine dieser Lösungen hindurchdrang. $AgNO_3$-Lösung wurde gewählt, weil es eine echte Lösung ist. Darunter verstehen wir eine solche, in der die Teilchengröße des gelösten Stoffes unterhalb 0,001 $\mu$ liegt. Dieses ist wesentlich, denn von dem Verhältnis der Durchmessergröße der Diffusionswege und der molekularen Größe der Flüssigkeitsteile hängt der Erfolg ab. Der Durchmesser der Dentinkanäle beträgt: 2,5—4,5 $\mu$ im Zentrum; 1,5 $\mu$ an der Peripherie. Nach der Reinigung wurden nur Zähne ausgewählt, die sich bei Besichtigung im Binocularmikroskop bei auffallendem Licht soweit als möglich Karies frei, ohne Risse und Sprünge erwiesen. Die Wurzelspitze wurde bei dauernder Befeuchtung mit Normosallösung mit einer diamantierten Stahlscheibe abgetragen, der Wurzelkanal vom foramen apicale her bis zu einer Tiefe von 5 mm erweitert. Die Bohrspäne wurden mit Normosallösung ausgewaschen dann jeweils der betreffende Zahn noch einmal in Aqua dest. abgebürstet und sauber, besonders die Wurzel, gut abgetrocknet, um die Salzlösung restlos zu entfernen. In dem erweiterten Kanal befestigte ich eine einendige Kapillar-Glasröhre, die ich zuvor zur Trocknung

durch die Flamme zog. Zur Abdichtung und zum Ueberzug der Wurzel verwendete ich Friesewachs.

Der Ueberzug reichte 2 mm auf die Krone herauf und 1 cm über die Abdichtung an der Glasröhre. Die Kapillaren wurden mit der betreffenden Flüssigkeit gefüllt (s. Schema). Ich pumpte sie mit einem feinen Draht in die Kapillare, bis keine Luftblasen mehr aufstiegen. Es mußte sich also die Flüssigkeit im Wurzelkanal befinden. Der Flüssgkeitsspiegel wurde markiert; die Kapillare mit gut passendem Korken verschlossen; um ihn waren Drahtbügel gebogen, daß nun, der so bereitete Zahn in ein Reagenzglas mit Flüssigkeit eingehängt werden konnte. Das Reagenzglas wurde dann auch gut verkorkt, und der Verschluß mit Friesewachs abgedichtet, um eine Verdunstung zu verhindern.



Ganz besonders soll bei dieser Anordnung betont werden, daß die Versuche in völliger Dunkelheit durchgeführt wurden, um eine vorzeitige Reduktion des Chlorsilbers, und dadurch Verstopfung der evtl. Durchströmungswege zu verhindern. Darum wurden tiefdunkellila-Gläser benutzt, die eben noch eine Beobachtung zuließen, die außerdem noch mit dickem schwarzem Papier völlig lichtundurchlässig verhüllte wurden. Ich kontrollierte täglich die Versuche, aber nirgends war anfänglich ein Niederschlag zu beobachten, während einzelne bis zum letzten Tage unverändert blieben, zeigten sich, wie aus dem Schema zu ersehen ist, in einigen Reagenzgläsern ab 14. und 16. Tage ganz feine Flöckchen. Trotz weiterer Einwirkung verstärkten sie sich nicht mehr. Um festzustellen, ob es sich etwa um vom Zahn gelöste Verunreinigungen oder Chlorsilber handele, schüttete ich die Lösungen am 20. Tage nach Beginn in ganz saubere Schälchen, die gut zugedeckt wurden. Am nächsten Tage waren diese Flöckchen schwarzlila; also reduziertes Silber. Somit ist an einzelnen Zähnen eine Durchdringung erfolgt, bei anderen blieb sie aus. Die verschiedenen Ergebnisse zeigen, daß eine vollständige Diffusion nur in den wenigsten Fällen eintritt und zwar, wie auch Türkheim berichtet, eine Diffusion der $AgNO_3$-Lösung von innen nach außen erfolgt nie. Der auffälligste Unterschied besteht zwischen Nr. 4 und Nr. 5. Beide waren von gleichen Flüssigkeiten innen und außen umspült, und trotzdem zeigte Nr. 4 schon am 16. Tage einen kleinen Niederschlag, der aber am 20. Tage nicht stärker war. Nr. 5 dagegen zeigte am 16. Tage noch keine geringste Flockenbildung, dagegen erstaunlicherweise am 20. Tag einen richtigen dicken, käsigen Satz. In diesem Konzentrations- und Anordnungsverhältnis setzte ich darum noch zwei weitere Versuche an = Nr. 7 und Nr. 8. Das Ergebnis stimmte aber mit Nr. 4 überein, darum muß Nr. 5 als Sonderfall aufgefaßt werden. Eine vermutete Undichtigkeit des Wachsabschlusses konnte ich nicht beobachten. Den Befund erklären kann ich auch nicht. Bei der Anordnung, daß sich NaCl-Lösung in der Kapillare befand, konnte eine Niveausenkung des Flüssigkeitsspiegels von 1—1½ mm in allen Fällen beobachtet werden. Am größten war sie verständlicherweise bei Nr. 5. Hier betrug sie fast 4 mm. Eine Verdunstung war durch die Sicherung des doppelten Verschlusses nicht möglich. In den $AgNO_3$haltigen Kapillaren (Nr. 9 — Nr. 12) war in keinem einzigen Fall ein Abfall oder Anstieg zu beobachten. Ich nehme an, daß hier überhaupt gar keine Diffusion stattgefunden hat. Bei der umgekehrten Anordnung (NaCl an der

Wurzel) muß trotz des fehlenden Niederschlages, bis zu einem gewissen Grade, ein Versickern in den harten Zahnsubstanzen vor sich gegangen sein. Beweis: Meniskussenkung. Daß diese Vermutung bei solchen Versuchen als sicher betrachtet werden muß, schließe ich auch aus dem mikroskopischen Befund. Die total ungefärbte Schmelzoberfläche der Zähne zeigte, daß der Gebrauch dunkler Reagenzgläser günstig war.

Zur weiteren Beurteilung der Abläufe im Zahninneren stellte ich von den Gruppen Zahnschliffe her. Die Zähne wurden zum fixieren in 10%ige Formalinlösung getan. Durch die Einwirkung des Tageslichtes kam es zur Silberreduktion. Die mikroskopische Betrachtung des Schliffes zeigte folgendes:

*Nr 1: (Abb. 1 + 2).* Ein sehr dünner Schmelzmantel; Zahnhals, weil mit Wachs überzogen gewesen, ungefärbt; die oberen ⅔ sind stellenweise gut bis zur Hälfte der Schmelzbreite imprägniert; besonders an der lingualen Facette; auffallend ist die ganz unregelmäßig verlaufende Grenze (Abb. 1 + 2); die Schneide ist schmelzfrei, und von der Abrasionsstelle aus hat sich das Dentin kegelförmig, mit der Basis an der Schneide liegend, durchfärbt.

Der Kürze wegen soll auch für alle anderen Fälle diese typische Anfärbung, der, durch Abrasion freigelegten Dentinfläche, als „Abrasionskegel" bezeichnet werden.

Der angrenzende Schmelz ist auch in ganzer Breite braunschwarz. Ich halte es aber für eine exogene Anfärbung, denn der Kegel schiebt sich wie die Sch-D-Grenze vorzeichnet, an dieser entlang. Ich kann am Schliff keine Kommunikation im Dentin-Schmelz feststellen. Die Photographie läßt die Farbstufen nicht erkennen. Auffällig ist eine sehr farbreiche Nuancierung, von außen gelb beginnend in allen Schattierungen, schließlich blau. Lamellen und Büschel sind weder gefärbt, noch ungefärbt zu finden.

Schon jetzt soll eine für alle Schliffe gültige Vermutung ausgesprochen werden. Die Farben- und Formgestaltung der imprägnierten Zone führe ich auf: 1. die großen Unterschiede der chemischen Eigenschaften (molekulare Größe, molekulares Gewicht und osmotischer Druck), sowie 2. die Konzentration der angewandten Lösungen zurück. Die chemischen Werte beider Flüssigkeiten zeigen so große Unterschiede, daß sie als beeinflussende Faktoren nicht auszuschließen sind.

*Molekulargewichte:* $NaCl = 58{,}46$
$AgNO_3 = 169{,}89$

Weil in Nr. 1 die $AgNO_3$-Lösung stärker wirksam ist als die NaCl-Lösung, haben wir hier, anderen Schliffen gegenüber, eine ziemlich breite Anfärbung, und aus dem großen Unterschied ihrer chemischen Kräfte ergibt sich bis zur Herstellung des endgültigen Gleichgewichts eine Pendelbewegung, die ihren Ausdruck in diesem ungleichmäßigen Bild finden mag. Daß eine überwiegende Wirkung des $AgNO_3$ vorliegt, zeigt auch, daß die NaCl-Lösung nicht ganz diffundierte (kein Niederschlag); aber daß trotzdem Flüssigkeit auch versickert sein muß, zeigt das Absinken des Meniskus in der Kapillare an.

*Nr. 2: (Abb. 3 + 4)* Zahnhals wieder farbfrei. Aber der ganze Zahn ist von einem fast gleichmäßig breiten Saum umgrenzt, der oberhalb des Zahnhalses ⅓, an der Schneide ¼ der Schmelzbreite einnimmt. Palatinal am Foramen coecum dringt $AgNO_3$ bis zur Hälfte vor. Das Farbband ist bis auf leichte Auswölbungen fast gerade zu nennen. Im Vergleich zur Abbildung 1 ist ein ganz besonders auffälliger Unterschied festzustellen. Er kann nicht als reiner Zufallsbefund hingenommen werden. Die chemischen Kräfte beider Lösungen zeigen sich in diesen Bildern in eindrucksvollster Art dargestellt. Aus diesem Befund läßt sich das angewandte Konzentrationsverhältnis als günstigstes bestätigen. Die Tönung ist durchaus einheitlich vom Rande zur Mitte = schwarz-gelblich-blau; nirgends eine Anfärbung des Dentins, oder von Lamellen und Büscheln. Der Niederschlag und Abfall des Meniskus deuten auf Durchdringung der NaCl-Lösung.

Nun taucht natürlich die Frage auf, ob die NaCl-Lösung hineinwandert, bevor schon $AgNO_3$ diffundierte, oder ob infolge des nicht reduzierten Silberniederschlages ein Vorbeifließen beider Lösungen aneinander möglich wird. Ich nehme das letztere an.

*Nr. 3:* Zahnhals frei; darüber beginnend nimmt die Farbzone labial fast ⅔ der Schmelzbreite ein, lingual nur ⅓; an der Schneide zu beiden Seiten eines Abrasionskegels ist der Schmelz durchgefärbt. Er schiebt sich mit zwei flügelartigen Fortsätzen wieder an der Sch-D-Grenze entlang. Anfärben des Schmelzes in diesen Abschnitten lehne ich ab, trotzdem die tingierten Hartsubstanzen aneinander stoßen. Ich nehme hier nur die Berührungsstelle an; denn auffällig ist die Farbstufung. Der Dentinkern bis zur Grenze ist tiefschwarz, die Schmelzimprägnierung aber braunschwarz. Der Verlauf der Sch-D-Grenze läßt sich noch genau verfolgen. Zwei Lamellen sind mitgefärbt, aber an umgrenzende Gebiete geben sie

Abb. 1. Diffusionsversuch Nr. 1. Reihe I.

Abb. 2. Diffusionsversuch Nr. 1. Reihe I.
Vergrößerung der Abb. 1.

Abb. 3. Diffusionsversuch Nr. 2. Reihe I.

Abb. 4. Diffusionsversuch Nr. 2. Reihe I.
Vergrößerung der Abb. 3.

keine Farbe ab. Haben wir hier auch noch eine verhältnismäßig regelmäßige Farb- und Formzeichnung der Zone, so fehlt ihr doch die Ebenmäßigkeit des zweiten Präparates, aber auch die Unregelmäßigkeiten von Nr. 1.

Dazu kommt der fehlende Niederschlag, der wieder durch das Uebergewicht der $AgNO_3$-Lösung zu erklären ist. Die Niveausenkung in der Kapillare zeigt eine erfolgte Diffusion an.

*Nr. 6* ist in gleicher Anordnung und Flüssigkeitskonzentration angesetzt gewesen. Der experimentelle Befund war, wie bei Nr. 3 negativ. Die breite labiale und geringe palatinale Färbung fällt sofort auf, und unterscheidet beide Präparate voneinander. Aehnlich ist die Auslappung der Zonengrenze zur ungefärbten Schmelzpartie. Die durchgefärbte Breite schwankt zwischen $^2/_3$ = $^1/_3$ = und weniger. Besonders scharf tritt die Färbung entlang der Parallelstreifung auf, durch die eine streckenweis zipflige Grenze gebildet wird. Trotzdem haben wir eine gleichmäßge Tönung. Auffällig ist an der Schneidekante: ausgesprochen der Grad liegt als ungefärbte Straße zwischen den zustoßenden labial-palatinal gefärbten Schmelzpartien.

Betrachten wir das verschiedene Zahnmaterial nach Größe, Aufgabe und Stellung im Kiefer, so lassen sich die Unterschiede wohl im Objekt selbst suchen, aber doch auch eine gewisse Einheitlichkeit dem vorigen Präparat gegenüber erkennen.

*Nr. 4 + Nr. 5:* Die nach dem experimentellen Befund zu erwartenden mikroskopischen Unterschiede sind keinesfalls sehr groß. Im Gegenteil läßt sich an beiden, im Vergleich zu anderen Schliffen, deutlich die überwiegende Wirkung der höheren NaCl-Konzentration feststellen. Hier haben wir nur einen ganz äußerst feinen Farbsaum, der fast gleichbleibend den ganzen Schmelz in noch nicht $^1/_5$ Breite durchsetzt. Die Farbzone ist einheitlich schwarz-violett; die Grenze zum ungefärbten Bezirk ist stellenweise ganz fein gestrichelt aufgelöst und diffus. Zahnhälse sind farbfrei; bei Nr. 4 zieht ein feiner Saum aufwärts, an der Schneide leicht etwas breiter. Die Abrasionsfacette ist deutlich imprägniert; ein gekörnter Kanalinhalt wird sichtbar; eine Durchfärbung des dünnen Schmelzmantels ist an einer Stelle in Zahnhalsnähe erfolgt. Die an die Facette grenzenden labial-lingualen Schmelzpartien sind bis zum imprägnierten Kegel auch schwarz gefärbt. Eine klare Entscheidung, von welcher Seite der Farbübergang ins andere Medium erfolgte, ist der dunklen Tönung wegen nicht

möglich. *Nr. 5* besitzt zwar auch nur einen schmalen Saum, aber einen breiten Farbbeginn; nimmt ungefähr ⅓ Schmelzbreite ein; sehr viele Retziusstreifen sind sichtbar und als Ursache zu betrachten; bis zu den Höckern verläuft dann die labiale Seite sehr schmal; die Kaufläche ist doppelt so breit gefärbt; mit einem treppenartigen Absatz schließt sich wieder das schmale Farbband palatinal an. Der Grenzverlauf ist bei Nr. 4 lappiger als bei Nr. 5.

*Nr. 7 + Nr. 8* sind die nachträglich zur Kontrolle angesetzten Versuchsobjekte. Beide unterlagen den gleichen Bedingungen wie Nr. 4 und Nr. 5. Ganz im Gegensatz zu den experimentellen Befunden (ähnl. Nr. 4); unterscheiden sich die mikroskopischen Bilder ganz. Schon makroskopisch lassen Nr. 7 + 8 beide einen bedeutend unregelmäßigeren und stellenweise breiteren Saum erkennen. Bei Nr. 7 ist ganz besonders die Durchdringungstiefe auffallend: labial ⅛ bis ⅙; palatinal eine totale Schmelzfärbung am Farbbeginn, dann abnehmend bis zur Hälfte und ⅓; kurz vor der Schneide beginnt der schmalste Teil. Am foramen coecum ist eine regionäre Dentinimprägnation erfolgt, die an der aufgelösten Grenze eine deutlich körnige Kanalausfüllung erkennen läßt. Das ganze Farbband ist kräftig, nur an der Schneide in Farben aufgelöst, ganz im Gegenteil zu Nr. 4 + 5. Labial sind am Zahnhals viele Retziusstreifen zu sehen, die aber keineswegs angefärbt sind. Die lappige Ausfransung der Grenze würde mit Nr. 4 übereinstimmen. Bei Nr. 7 ist die Grenzbildung auch sehr verschieden; labial ist der Rand zur ungefärbten Schmelzschicht ganz gefranst; palatinal aber scharf abgesetzt. Vereinzelt finden sich ungefärbte Lamellen und Büschel. *Nr. 8* zeigt die allerwenigste Aehnlichkeit zu den Parallelversuchen. Von totaler bis feinster, und sogar mitten im Verlauf ganz aufhörender Farbzeichnung, ist alles zu finden. Zahnhals durch Abdichtung blieb farbfrei; unmittelbar darüber ist der buccale Schmelz eine bedeutende Strecke in ganzer Breite durchfärbt; sie schließt haarscharf mit der Sch-D-Grenze ab. In dieser Zone ist die Färbung gleichmäßig schön schwarzgelb; dann erfolgt ein krasser Uebergang zur schmalsten Breite; schließlich sind nur einzelne Retziusstreifen tingiert. Daran grenzt unerklärlich eine gute Strecke völlig ungefärbten Schmelzes. Darüber liegt deutlich das ungefärbte Sch-O-H; die dann wieder beginnende Färbung setzt sich teilweise unter ihm rückwärts fort. Weil das Sch-O-H ungefärbt auflagert, und die angefärbte Schmelzpartie Anschluß hat zu dem aufwärts steigenden Farbband, nehme ich eine nachträgliche Diffusion vom oberen Farbdrittel her an. Bis zur

Höckerspitze bleibt es schmal aber scharf abgesetzt. Die zur Fissur abfallenden Schmelzpartien sind in abstechender Breite lappig bis zur Hälfte tingiert. Der Uebergang zur palatinalen Fläche erfolgt leicht wellig. Der Schmelz wird zum Zahnhals über $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ der ganzen Breite gefärbt. Die Farbtiefe bleibt konstant schwarzviolett.

Diese Versuche zeigen, wie die auch anderer Autoren, eine Durchdringung des Sch-O-H und fortleitend der I. P. S. Die Infiltration dieser Zwischenschicht läßt sich deutlich beurteilen, wenn die Farbgrenze sich auflockert. Kein Schliff zeigt regelmäßig auftretende Wiederholungen. Von den Versuchszähnen Nr. 9—12 wurden keine Schliffe hergestellt. Beim achsialen durchschneiden zeigte sich nur eine ganz geringe Anfärbung in nächster Umgebung der Kapillare, und sie ging beim schleifen ganz verloren.

Weil bei der Anwendung gleicher Lösungen und Anordnung annähernd gleichartige Ergebnisse erwartet werden müssen, kann die Ursache der Abweichungen nur im Zahn selbst zu suchen sein. Eine Ursache ist sicher: die unregelmäßige Verteilung der organischen Anteile im Schmelz. Beim Durchsehen der Schliffe ist immer wieder auffällig, daß oft keine sichtbaren Lamellen und Büschel zu sehen sind, bei anderen vermehrt.

### *II. Reihe der Diffusionsversuche.*

Experimentiert wurde wieder nur mit einwandfreiem und ganz frischem Material, das in selber Weise versorgt wurde, wie bei den vorigen Versuchen.

Die pulpenhaltigen Zähne wurden teilweise am foramen apicale mit Friesewachs verschlossen; ein anderer Teil blieb offen; dann in Aqua dest. gut abgespült, wurden sie in $AgNO_3$-Lösung folgender Konzentration getan:

*vom 22. 1. 37 — 8. 2. 37:*

2%<br>5%<br>10%
} $AgNO_3$

*vom 26. 2. 37 — 18. 3. 37:*

20%<br>30%<br>40%<br>50%
} $AgNO_3$

Die Versuche wurden wieder in dunklen Reagenzgläsern durchgeführt. Nach fixieren in Formalin und schleifen zeigt die mikroskopische Betrachtung:

*Nr. 1: (Praem.; Apex verschl.; 2% $AgNO_3$)* Ein fast gleichmäßiger Farbsaum umzieht den ganzen Zahn. An der Wurzelspitze ist er wenig breiter. Die Wurzelfärbung entspricht der ganzen Zementbreite. Am Zahnhals ist die überhaupt stärkste Imbibition mit Silber erfolgt. Unmittelbar am Hals ist auch von der Zementseite her ein Uebergang ins Dentin zu verfolgen, und besonders schön die Ausbreitung in den Dentinkanälchen festzustellen. Bei stärkster Vergrößerung (Oelimmersion) läßt sich die angefärbte Dentingrundsubstanz mit dem kräftiger gefärbten Kanalinhalt deutlich unterscheiden. An den Zahnhälsen ist die ganze Schmelzbreite, bis an die Schmelzdentingrenze gleichmäßig schwarzbraun, nur stellenweise erfolgen kleinste Dentinanfärbungen. Aufwärts nimmt die Zone bis zu $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ der Schmelzbreite ab. Die anfangs scharfe Abgrenzung gegen ungefärbten Schmelz löst sich allmählich auf. Auf der Kaufläche ist der Schmelz abgekaut. Er ist in gleicher Weise angefärbt; ein Zeichen dafür, daß selbst verletzter Schmelz durchaus nicht ein anderes Verhalten zu zeigen braucht. Die Imprägnation des Dentins und Schmelzes an der Schneide trifft deutlich an der Sch-D-Grenze zusammen. Die vom Schmelz her angefärbten Dentinpartien sind stets lappenförmig, die sich unter der Sch-D-Grenze noch um einiges entlangziehen. Hier kann man auch bei stärkster Vergrößerung erkennen, daß beides, Grundsubstanz und Kanalinhalt gefärbt sind. Aber keineswegs geht von den gefärbten Odontoblastenfortsätzen die Färbung in die Umgebung hinein; sie liegen abgesondert im Kanallumen, von ungefärbter Grundsubstanz, umgeben. Die Stellen breitester Durchfärbung enthalten deutlich sichtbare Retziusstreifen. Lamellen und Büschel treten nicht auf.

*Nr. 2: (Molar; foram. offen; 2% $AgNO_3$)* Eine sehr wechselvolle Färbung liegt vor, die größten Breitenunterschiede und Farbtönungen. Trotzdem das foramen appicale offengeblieben war, ist keine Färbung circum pulpär zu beobachten. Am Zahnhals ist das Dentin von Schmelz- und Zementseite mit angefärbt. Trotz vorhandener Retziusstreifen geht die tiefschwarze Färbung bis auf einen schmalen Saum zurück. Nur stellenweise bleiben hellgelbe Farbpartien sichtbar. In halber Kronenhöhe nimmt die Breite wieder bis zu $\frac{1}{5}$ der ganzen Schmelzmasse zu; von der Oberfläche her, über: schwarz, gelb, blau löst sich das Farbband feingestrichelt auf; Silber in der

I. P. S.; durch die Färbung ist eine vorher nicht sichtbare Fissurenkaries sichtbar geworden. Der Farbkegel setzt sich bis zum Pulpencavum fort, er ist eine schwarze, strukturlose Masse; die Höckerpartien sind sehr wechselvoll tingiert. Zonen dunkler Färbung wechseln mit aufgelösten und hellsten ab. An der Sch-D-Grenze sind viele Büschel sichtbar, die aber nicht in die Farbzone hineinreichen, und auch nicht verändert sind. Das wechselvolle Bild kann durch die Schmelzstruktur mitbedingt sein, denn mehr als üblich treten Dentinelemente in den Schmelz über. Auch der Büschelgehalt weist auf reichlich organische Materie im Schmelz.

*Nr. 3: (Schneidez.; foram. off.; 2% $AgNO_3$)* Von der Pulpa her erfolgte keine Dentinfärbung. Zahnhals und Schneide sind Stellen stärkster Imprägnation. Lamellen und Büschel sind nicht zu sehen; Retziusstreifen finden sich hier mehr im oberen ⅓ als cervical. Aufsteigend nimmt das Farbband von ⅙ bis ¼ zur Schneide zu. Die Grenze erscheint wie ausgefranst. Auf der Kronenhälfte haben wir eine Stelle reich an Retziusstreifen, entsprechend ihrem Verlauf sind sie gefärbt; die zwischen ihnen liegende prismatische Substanz bleibt klar. An der Schneide beginnt ein bis zum Cavum reichender Abrasionskegel, der unterhalb des Schmelzes sich flügelartig an der Grenze fortsetzt. Hier können wir deutlich eine von innen her erfolgte Schmelzfärbung erkennen. Sie ist schwach und wolkig; dadurch erhalten wir ein von beiden Seiten schwarz umgrenztes Schmelzband mit einer hellen Mittelstraße.

*Nr. 4: (Abb. 5) (Schneidez.; foram. off.; 5% $AgNO_3$)* Das Dentin ist vom Zement her weiter angefärbt als bisher. Am Zahnhals ist die ganze Schmelzbreite durchdrungen, aber nicht über die Sch-D-Grenze hinweg. Diese Partie zeigt wenig Retziusstreifen. Aufwärts beträgt die Imprägnierung nur ⅙. Strecken von tiefschwarz, braun-gelb bis zu einem Farbhauch wechseln ab. Die Grenze wird zur Schneide hin diffus. Wir haben dort einen sehr intensiv gefärbten Abrasionskegel, der sich weit an der Sch-D-Grenze entlangzieht. In diesem Bereich fällt noch deutlicher als beim vorigen Präparat, eine von innen erfolgte Schmelzanfärbung auf. Sie ist farblich zwar sehr viel blasser, aber daß sie auf diesem Wege erfolgte, schließe ich aus der fehlenden Kommunikation zur Außenzone. Wie auch besonders die Photographie wiedergibt, sind diese Zonen durch unveränderten Schmelz getrennt. Diese Partien halte ich auch nach dem färberischen Ergebnis für kariesfrei, den solcher Art veränderte Substanz, färbt sich tiefschwarz, daß jedes Strukturbild unkenntlich

ist. Und gerade hier ist sichtbar, daß alle anderen Partien konstrastreicher sind.

*Nr. 4a: (Molar in gleicher Weise)* Dieser Zahn zeigt als erster eine circumpulpäre, sehr farbenreiche Dentinimprägnation. Bei stärkster Vergrößerung sieht man die sehr kontrastierenden Odontoblastenfortsätze in einer grünlichen Grundsubstanz eingeschlossen. Am Zahnhals ist dieses Mal die Durchfärbung nicht vorhanden, nur ein schmaler Farbsaum; dafür dringt aber kurz oberhalb davon ein tief schwarzer Kegel bis ins Dentin hinein; Struktur läßt sich nicht mehr erkennen, nur die Umgrenzung strahlt fransenartig aus, die Odontoblastenfortsätze. Daran schließt sich bis zum oberen ⅓ eine wechselnd lappige bis gerade Partie, die oft ⅔ der Schmelzdicke einnimmt; dann verschmälert sich das Farbband bis zu ¼, es zieht über Höcker und Kaufläche, um absteigend wieder breiter und unregelmäßiger zu werden. Vereinzelt dringen Farbkegel bis scharf an die Sch-D-Grenze vor. Besonders auffällig ist das Farbbild an der sehr tiefgreifenden Fissur. In gleichbleibender Breite umzieht sie das Band. Am tiefsten Punkt erstreckt sich die Tingierung bis ins Dentin. Nadelfeine Ausläufer lassen Odontoblastenfortsätze erkennen. Eine Fissurenkaries kann hier nicht die Ursache sein, denn dafür fehlt jeder Schmelzdefekt, und die Regelmäßigkeit spricht auch dagegen.

*Nr. 5: (Schneidez.; foram.; off.; 5% $AgNO_3$)* Labial und lingual beginnt die Farbzone ganz lappig und durchsetzt den halben Schmelz. Allmählich wird sie gleichmäßiger. Labial geht sie auf ⅓ der Breite zurück, lingual dagegen wird das ober ⅓ in ganzer Breite eingenommen. Es folgt keine Färbung über die Sch-D-Grenze hinaus. Aufschlußreich ist der Befund an der Schneide. Ein tiefgehender Abrasionskegel zieht sich flügelartig an der Sch-D-Grenze entlang. Hier ist eine besonders weite und kräftige Schmelzfärbung erfolgt; Büschel sind gut imprägniert. Hier ist sogar vom Dentin her die Durchdringung farbkräftiger, als von der Oberfläche her. Zwischen der äußeren und inneren Zone ist ein diffus gelbschattierter Uebergang. Hier eine Entscheidung über den Weg der Färbung zu treffen, ist nicht möglich.

Meines Erachtens ist hier eine so weitläufige Färbung nur möglich geworden, durch eine exogen erfolgte Dentin- und Schmelzverfärbung. Der Urheber kann hier nur der Speichel sein. Die Dentinkanäle der Abrasionsfacette sind ja eröffnet, und so kann wohl von der Außenseite her Speichel in die Gewebe eindringen, Verände-

Abb. 5. Diffusionsversuch Nr. 4. Reihe II.

rungen in den Substanzen oberflächlich hervorrufen, ohne so schädigend zu wirken, daß er der Karies den Boden bereitet.

*Nr. 6: (Molar; foram. off.; 5% $AgNO_3$)* Deutliche circumpulpäre Dentinimprägnierung; Uebergang in den Schmelz hat nicht stattgefunden, nur senkrecht zwischen Fissur und Pulpendach ist eine Konfluenz zu beobachten. Die kariöse Veränderung ist die Ursache dafür. An diesem Präparat treten wieder sehr starke Unregelmäßigkeiten auf. An den Zahnhälsen ist für eine kurze Strecke eine Totalfärbung bis scharf zur Dentingrenze eingetreten. Aufwärts nimmt die Breite ab. Die Grenze bleibt zwar regelmäßig, aber über schwarz-gelb-blau folgen verschiedene Nuancierungen im Bereich der Höcker und Kauflächen. Ausgenommen des Kariesbezirks ist die Zonenbreite gleich; nur die Färbung diffuser; und die Grenze löst sich feingestrichelt auf. Außer dem Kariesbereich ist keine Dentinanfärbung seitens des Schmelzes erfolgt.

*Nr. 7: (Schneidez.; foram. off.; 10% $AgNO_3$)* Schon makroskopisch fällt der Schliff unter den bisher gesehenen auf. Gut ⅓ der ganzen Wurzel ist tief schwarz, keine Struktur mehr erkenntlich. Anschließend ist der ganze Dentinkern, bis hinauf in die Höckerspitzen feinstens durchgefärbt; deutlich ist zu erkennen, daß kein Uebergang von dieser Seite in den Schmelz hinein erfolgte, sondern nur am Zahnhals treffen sich die Färbungen. Mikroskopisch finden wir bestätigt, daß sie an der Grenze scharf getrennt verlaufen, bis sich die Außenzone, bis auf einen schmalsten Saum, allmählich zurückzieht. Sie umschließen einen ungefärbten Schmelzstrang. Wesentlich ist, daß nicht an einer einzigen Stelle eine Anfärbung des Schmelzes vom Dentin her stattfindet. Nur im obersten ⅓ treten einige Lamellen auf, aber ungefärbt.

Schon jetzt kann über das bisher Gesehene gesagt werden, daß wohl „Diffusionen" stattfinden, aber geradezu erstaunlich auch in welcher Unregelmäßigkeit.

*Nr. 8: (Schneidez.; foram. off,; 10% $AgNO_3$)* Trotz gleicher Konzentration wie bei Nr. 7 fehlt hier die totale Dentinfärbung, aber dafür ist die ganze Wurzel, bis zum Zahnhals tief schwarz gefärbt. Der Schmelz ist sehr ungleich, in Farbe und Breite, durchdrungen. Vom Zahnhals bis zur Kronenhälfte ist der ganze Mantel braunschwarz tingiert; streckenweise ist das Dentin mitergriffen. Ein Abrasionskegel trifft mit der Schmelzfärbung zusammen, aber sie gehen nicht ineinander über. Diese Zähne sind besonders reich an Lamellen, Büscheln und Interglobularräumen. Büschel und Lamel-

len treten deutlich gefärbt hervor, aber immer von einem schmalen, hellen Hof umgeben, so daß hier unbedingt gesagt werden kann, daß von diesen Elementen aus, nicht in allen Fällen eine Anfärbung der Umgebung erfolgt. Nach dem histologischen Befund liegt hier eine malakotische Struktur vor.

*Nr. 9 (Molar; foram, verschl.; 10% $AgNO_3$)* Im Gegensatz zu den anderen 10%igen Versuchen zeigt dieser Schliff nur eine schmale schwarze Umrahmung der Zement-Schmelz-Außenseite. Der Verschluß des foramen apicale hat eine Durchdringung des Dentinkerns verhindert. Die Schmelzoberfläche unterscheidet sich auch bedeutend von Nr. 8. An den Zahnhälsen ist eine ausgesprochene Färbung nur im äußeren ⅓ erfolgt. Dann schließt sich eine diffuse Gelbtönung bis zur Sch.-D-Grenze an; die Imprägnationsbreite bleibt erhalten, nur die Grenze ist bald diffus, gestrichelt aufgelöst oder spitzzipflig ausgezogen. Die Höckerpartien zeigen dasselbe Bild. Um die Fissur zieht sich das Farbband in gleicher Breite herum, nur am tiefsten Punkt vergrößert sich die Farbgröße medaillonartig. Ein Schmelzdefekt ist nicht sichtbar. Die Färbung läßt noch Struktur erkennen und der ganze Farbbereich ist von einer blauen Grenze gleichmäßig umrandet. Hieraus ist keine Kariesveränderung zu erkennen. Trotzdem nehme ich eine solche durch den Speichel an, denn die tief-trichterförmige Fissur ist geeignet, den Speichel anzustauen. Und weil doch unsere Färbung ein Beweis für die äußere Durchdringlichkeit der Schmelzsubstanz darstellt, ist anzunehmen, daß auch Speichelflüssigkeit diffundiert, und kraft seiner chemischen Natur Veränderungen bewirkt.

*Nr. 10 (Schneidez.; foram. verschl.; 10% $AgNO_3$)* Die Zahnhälse sind durchgehend gefärbt. Das regionäre Dentin ist mitergriffen. Die palatinale und labiale Fläche zeigen große Unterschiede. Palatinal ist auf der Kronenhälfte eine doppelseitige Schmelzfärbung erfolgt; m. E. ist sie dadurch zustande gekommen, daß von der Oberfläche her, an einem Zug Retziusstreifen die Lösung entlang diffundiert, und so die anschließenden Partien imprägnieren, und sich auch noch an der Sch-D-Grenze entlang ausbreiten konnte. Dadurch kommt es zu diesem eigenartigen Bild, das mir unter allen Präparaten als einziges in der Art begegnete. Zwischen beiden Farbstraßen bilden sich wieder diffuse Uebergänge. Die Grenze löst sich gestrichelt auf; Anfärbung der Odontoblasten-Fortsätze. Aufwärts behält die Zone eine gleichbleibende Breite, durchsetzt ⅓ der Substanz. Die Grenzzone ist fast gerade und scharf, bis auf kleine Ausnahmen. An der

Schneide geht von einem Abrasionskegel eine gut sichtbare Schmelzanfärbung aus. Labial zieht sich das Band nur saumartig diffus herab. Hier wiederholt sich auch die schräg von außen nach innen verlaufende Schmelzdurchfärbung. Sie liegt auch im Gebiet häufiger Retziusstreifen. Eine ganz buntscheckige Färbung deutet auf einen Substanzunterschied der beiden Facetten. Ob er strukturell, oder durch Speicheleinflüsse zu erklären ist, muß dahingestellt bleiben.

*Nr. 11 (Abb. 6) (Eckz.; foram. off.; 10% $AgNO_3$)* Dieser Schliff bildet einen großartigen Gegensatz zu Nr. 10. Ich greife vorweg, weil wir hier nämlich noch größere Stellen voller Retziusstreifen haben, die im Gegensatz nun wieder ganz gering gefärbt sind, stellenweise sogar nur das Sch-O-H über ihnen. Hier zeigt sich, daß diese organischen Gebilde keineswegs ausschließlich als Diffusionssysteme zu fungieren brauchen, selbst wenn das Oberhäutchen permeabel für die angewandten Lösungen ist. Die Zahnhälse sind durchgehend bis scharf an die Sch-D-Grenze durchtränkt. Wie auch die Photographie ersehen läßt, liegt hier eine unregelmäßige Imprägnation in Ausdehnung und Tönung vor. Aber deutlich und schön ist im mitgefärbten Dentinkomplex die Tingierung beider Elemente ersichtlich, sowohl der Odontoblastenfortsätze, als auch der Grundsubstanz. Ebensogut ist die Ausbreitung auf dem Wege der I. P. S. zu erkennen.

*Nr. 12 (Schneidez.; foram. off.; 20% $AgNO_3$)* Zahnhälse, Kronenmitte — palatinal besonders — und Schneide sind Stellen tiefster Farbdurchtränkung. Dazwischen liegen schmale Zonen. Cervical schließt das Farbband mit der Sch-D-Grenze ab. Am foramen coecum zieht sich der Kegel noch unter der Sch-D-Grenze entlang; dadurch erfolgt wieder eine rückläufige Anfärbung des Schmelzes von innen her; stellenweise kommt es zur Konfluenz beider Diffusionskomplexe.

*Nr. 13 (Schneidez.; foram. off.; 30% $AgNO_3$)* Histologisch fällt besonders auf, daß die palatinale Fläche einen fast nur halb so breiten Schmelzmantel besitzt, wie die labiale. Auf diese Weise ist die palatinale Schmelzbreite zwar unregelmäßig, aber ganz imprägniert; labial schwankt es zwischen ½ bis ⅓. Das Farbband an sich ist aber durchweg gleichmäßig. Palatinal ist die Tönung kräftig, aber gefleckt; labial gleichmäßig diffus. Nur am Zahnhals greift eine schwarz-braune Zone auf das Dentin über und zeichnet ein schönes Bild des Kanalinhaltes. Auf der Mitte der labialen Facette zieht ein dickes schwarz-braunes Band von der Oberfläche quer durch den

Schmelz ins Dentin hinein. Weil die Schmelzumgebung reichliche Retziusstreifen aufweist, auch Lamellen vorhanden sind, halte ich diese Stelle für eine Schmelzhypoplasie, die exogenen Einflüssen unterlag. Ein tiefer Abrasionskegel, der sich mit einem langen palatinalen Flügel an der Sch-D-Grenze ausbreitet, zeigt keinen Uebergang in den Schmelz. Die umfangreiche Schmelzfärbung, dazu reichlich Interglobularräume, Lamellen und Büschel können wohl noch die Annahme bekräftigen, daß hier im ganzen schwach verkalkte Hartsubstanzen die Färbung begünstigten.

*Nr. 14. (Eckz.; foram. off. 40% $AgNO_3$)* Wurzel bis zur halben Höhe hinauf gefärbt. Weil die labiale und palatinale Fläche sehr verschiedene Bilder zeigen, beginne ich palatinal mit der Beschreibung. Hier finden wir bis auf das ober ⅓ eine tief-schwarze totale Schmelzfärbung haarscharf bis zur Sch-D-Grenze. Sie folgt so genau ihrem Lauf, daß durch den Farbkontrast ganz wunderbar die mechanische Verkeilung der beiden Hartsubstanzen zum Ausdruck kommt, hier in einer ganz regelmäßigen Wellenlinie. Dann plötzlich geht im oberen ⅓ das Band auf eine saumartige Breite zurück, die kräftige Tönung verliert sich in diffuses blau-schwarz. Ebenso schmal imprägniert, stellt sich der Abrasionskegel dar, aber der labiale Schmelzmantel ist wieder in ganzer Breite durchfärbt, greift sogar ins Dentin über, bis schließlich am Zahnhals eine zwar durchgehende, aber farblich aufgelockerte und fleckige Imprägnierung folgt.

Wo soll man eine Erklärung für dieses sonderbare Verhalten suchen, in der Zahnstruktur, in der Konzentration der Lösung, den chemischen Einflüssen des Speichels? Möchte man sich für eines entscheiden, widerspricht aber das Ergebnis eines Parallelsversuchs, und macht alle Beweisgründe hinfällig. Man steht eben vor dem Rätsel, warum hier so, da so ein Ausgang bei gleichen Bedingungen? Und wird auch der Einwurf erhoben, daß ungeeignete Lösungen angewendet werden, warum trotz der Ungeeignetheit solche widersprechenden Befunde? Bei allen Versuchen wirken ja dann stets dieselben Fehlerquellen.

*Nr. 15 (Eckz.; foram. off.; 40% $AgNO_3$).* Die Färbung der Wurzel stimmt bis zur halben Höhe mit Nr. 14 überein. Die Zahnhälse sind die einzigen Stellen totaler Durchfärbung. Eine ⅓ breite Farbzone verschmälert sich aufwärts ziehend, sehr farbenreich von außen nach innen über schwarz-gelb-braun-violett. Die Grenze verläuft scharf, aber lappig. Vom Abrasionskegel erfolgt eine Diffusion in

Abb. 6. Diffusionsversuch Nr. 11. Reihe II.

den Schmelz. Zahlreiche Lamellen bleiben ungefärbt; wo sie es aber sind, bleiben sie sehr tieffarbig in einem hellen Hof liegen. Von ihnen aus erfolgt keine erkennbare Diffusion in die Umgebung. Man beachte den Gegensatz der Ergebnisse zwischen Nr. 14 und 15.

*Nr. 16 (Schneidez.; foram. off.; 50% $AgNO_3$).*

*Nr. 17 (Praem.; foram. off.; 50% $AgNO_3$).* Ein auffällig gleiches Ergebnis brachten diese Versuche einmal untereinander selbst, und gleichfalls ähnlich den Versuchen Nr. 7 und 8 mit 10% $AgNO_3$. Hier wie da fand eine $^2/_3$ hohe Anfärbung der Wurzel statt, vor allem aber des Dentinkerns bis zur äußersten Spitze, und eine ungleichmäßige Schmelzfärbung. Besonders zwischen den Präparaten Nr. 7 und 16 ist geradezu auffällig, wie der dichtgefärbte Schmelz am Zahnhals sich allmählich in einem feinsten Farbsaum zur Schneide hin verliert. Mikroskopisch zeigt sich, daß tatsächlich die Ergebnisse weitgehendst übereinstimmen; so erfolgt auch bei Nr. 16 kein Uebergang der Farben vom Dentin in den Schmelz; auch die Saumbreiten vom Zahnhals aufsteigend, stimmen überein, der einzige Unterschied ist der, daß bei der 50%igen Lösung im Zahnhalsgebiet die Schmelzfärbung auf das Dentin übergreift, während bei Nr. 7 die Zone mit der Schmelzdentingrenze übereinstimmt. Nr. 17 zeigt im großen und ganzen ein ähnliches Verhalten. Der Dentinkern ist auch bis in die Höckerspitzen gefärbt, aber es treten auch zahlreiche Intergolbularräume kontrastreich hervor, die bei den anderen Präparaten fehlen. Die durchgehende Schmelzfärbung am Zahnhals ist an der Sch-D-Grenze beendet. Das aufsteigende Farbband ist breiter und durchzieht bis zur Hälfte den Schmelz. Ein Lappen greift ins Dentin über. Hier fällt eine sehr ungleichmäßig gefleckte, unruhige Tönung auf. Reichliche Lamellen teilen das Band auf, und zeigen auch wieder die helle Umgebung. Dadurch macht die Farbzone einen guirlandenartigen Eindruck. Histologisch erscheint die Schmelzstruktur sehr unruhig, zopfig durchflochten, so daß darin auch die Ursache der aufgelockerten Färbung zu sehen ist.

Zusammenfassend läßt sich über die Ergebnisse dieser beiden ähnlichen Versuchsreihen grundsätzlich wohl das eine sagen: Durchlässig sind die harten Zahnsubstanzen, auch der Schmelz, auf jeden Fall sowohl von außen als von innen her. Niemals habe ich an dem vielseitigen Material auch nur einen Anhalt für ein vorgebildetes Kanalsystem finden können. Wenn Lamellen und Retziusstreifen einmal bevorzugt werden, das andere Mal überhaupt nicht, muß darin wohl ein Zufall, darf aber keine Gesetzmäßigkeit gesehen werden.

Vergegenwärtigt man sich die chemische Wirksamkeit des $AgNO_3$, so könnte man glauben, ein schlechtes Versuchsmittel gewählt zu haben. Es ist bekannt, daß es eine große Affinität zum Eiweiß besitzt. Eine ätzende, denaturierende Wirkung ist die Folge, aber die Aetzung geht nicht tief, sondern bewirkt nur eine „oberflächliche Schutzwallbildung", derer sich die medizinische Therapie bedient. Im Gewebe ist NaCl vorhanden; wirkt $AgNO_3$ ein, bildet sich mitten in der Zelle ein Verdichtungswall von unlöslichem AgCl. Ag ist der wirksame Faktor dieser Lösung, kann aber den Schutzwall nicht passieren, sondern seine Wirkung wird auf die diesseits dem Wall gelegene organische Substanz beschränkt, es bleibt bei einer oberflächlichen Aetzwirkung. Aus diesem Verhalten ließe sich schließen, daß bei den durchgeführten Versuchen, die teils unvollkommene Schmelzfärbung darauf zurückzuführen ist, daß sich hier in dem vorhandenen Protoplasma solch ein Verdichtungswall dem Diffusionsstrom in den Weg legt. Aber die Anwendung gerade dieser Flüssigkeit führt dann umso eindringlicher vor Augen, daß, wie die Versuche zeigen, auf der anderen Seite so ganz gegensätzliche Wirkung eintritt.

### 3. *Quellungsversuche.*

So seltsam es den Leser berühren mag, über Quellungsversuche am Schmelz zu hören, ist es doch nicht ein so abwegiges Unternehmen, sich darüber auch ein Bild zu verschaffen. Es ist umso berechtigter, wenn man sich vor Augen hält, wieviel organische Substanz der Schmelz nach den Befunden einzelner Autoren enthalten soll. Hängt diese außerdem in Art eines Netzverbandes wirklich zusammen (Andresen u. Keil) dann ist die Schmelzhülle kein starres System mehr, sondern doch infolge dieser zwischengelagerten „Puffer" einer gewissen Elastizität fähig. Dann müssen diese organischen Substanzen, wie in anderen lebenden Geweben Quellungs- und Schrumpfungsprozesse genau so registrieren können, und sich im Raum verändern, wie es auch eine Zelle bei Flüssigkeitszufuhr oder -entzug tut. Die Literatur erwähnt solche methodisch durchgeführten Versuche überhaupt nicht. Nur Radosĕwić hat, wie schon erwähnt wurde, bei Diffusionsuntersuchungen Quellungsvorgänge feststellen können (s. danach).

Quellung und Schrumpfung, d. h. also auch Verkürzung oder Ausdehnung sollten bei meinen Versuchen meßtechnisch festgestellt werden. Selbstverständlich muß von vornherein,

wenn überhaupt mit einer meßbaren Größe gerechnet werden kann, diese nur in hohen Dezimalen vermutet werden. Es kamen genau so frisches und behandeltes Material zur Anwendung wie bei den schon geschilderten Versuchen. Ich stellte mir Querschliffe der Kronen her; markierte mir den Durchmesser; ermittelte zunächst den gesamten des Schliffes, und den des Dentins in dem Meßmikroskop der Leitzwecke; subtrahierte ich den kleineren vom größeren Durchmesser, erhielt ich die Schmelzbreite; aber schon hier fingen die Schwierigkeiten an, denn trotz größter Mühe variierten die Einstellungswerte der Anfangs- und Endpunkte der Strecke bei Kontrolle immer um einige n/100 mm, und gerade diese Dezimale war als Meßbereich zu erwarten. Ich ermittelte darum die Werte auf dem Wege der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Hinfällig wurde dieser Weg, nachdem ich die Versuchsstücke bei 37° C im Brutofen trocknete. Eine Kontrollmessung war unmöglich geworden, weil der Schmelzmantel vom Dentinkern teilweise abgesprungen war. Dieser Vorgang läßt sich ohne weiteres darauf zurückführen, daß der Schrumpfungsgrad, des an organischer Substanz reichhaltigeren Dentins größer ist, als der des Schmelzes. Daß der Schmelz aber nur stellenweise absprang, erkläre ich mir daraus, daß die Verkeilung beider Gewebe an den einzelnen Stellen verschieden ist. Das mikroskopische Bild bestätigt es, denn neben gradliniger Sch-D-Grenze finden wir geradezu bogig ineinander verkeilte Strecken, und wieder aufgelöste Partien, in denen bedeutende Mengen von Dentinkanälen sich im inneren Schmelz aufspalten. Dadurch, daß eine Schmelzpartie bei der Schrumpfung mitgeht, der andere infolge gelöster Verbindung es nicht kann, kommt es an Stellen des geringsten Widerstandes (Lamellen, Büschel, Hypoplasien) zur Kontinuitätstrennung des Schmelzes. — Danach versuchte ich, an isoliertem Schmelz dasselbe durchzuführen. Zu diesem Zweck gebrauchte ich aber plane Objekte, und das war schwierig. Der gewölbte Schmelzmantel ließ es fast aussichtlos erscheinen, solche zu gewinnen. Der Schätzung nach, mußte ich doch wenigstens 2 mm lange Schmelzstückchen gebrauchen, sollte eine Ausdehnung überhaupt meßbar sein. Schließlich gelang es mir, auf folgende Weise: Ich schnitt Molaren- und Praemolarenkronen in axialer Richtung durch; bohrte den Dentinkern aus; mit abgestuften Bohrerstärken läßt sich sehr gut kontrollieren, an welcher Substanz man arbeitet. Die vom Höcker zur Fissur abfallenden Schmelzbreiten besitzen bei kräftigen Zähnen die

erforderliche Länge und genügende Dicke, um damit arbeiten zu können. Wie es die Form ergab, schliff ich mir plane Stückchen, größtenteils Sektoren. Wieder zog ich einen Durchmesser, und versuchte ihn nach wechselndem Aufenthalt der Schmelzstücke in Normosallösung und im Brutschrank bei 37° C zu bestimmen. Die Methode blieb aber sehr ungenau, so daß ich Fehlerquellen oder Quellungswerte wirklich nicht auseinanderhalten konnte. Daraufhin versuchte ich ein besseres Meßgerät zu finden. Ich erhielt ein Mikrometer, wie es Uhrmacher benutzen. Dieses Mikrometer besitzt einen Meßwert bis zu 1/100 mm genau, und 1/1000 mm schätzungsweise. Eine Schlittenvorrichtung ermöglichte eine gute Lagerung des Objektes. Dabei stellte sich heraus, daß aber ein nach Augenmaß geschliffener Körper nicht brauchbar ist.

Ich muß meine Bemühungen, einen geeigneten Schleifapparat und meßtechnische Methoden herauszufinden, leider etwas ausführlicher erwähnen, um meine schließlich angewandte Methode zu rechtfertigen. Ich setzte mich mit den Leitz- und Zeißwerken in Verbindung, von denen mir das letztere mit freundlichen und weitgehensten Unterstützungen half. Als Schleifapparat wurde mir der Wülfingsche Libellen-Schleifapparat genannt. Er dient zur Herstellung von genau orientierten Präparaten aus natürlichen sowohl, wie künstlichen Kristallen unter Benutzung eines Reflexionsgoniometers. Es ist eine Genauigkeit bis zu 2' zu erreichen. Durch weitgehendes Entgegenkommen des Dahlemer Material-Prüfungsamtes wurde ich dann an die leitenden Herren, Prof. Schmidt und Dr. Lindley, des Mineralogischen Institutes der Technischen Hochschule Bln.-Charlottenburg verwiesen. Von ihnen wurde mir die Benutzung des Apparates erlaubt. Außerdem wurde ich hier über Meßinstrumente orientiert. So unwahrscheinlich es klingen mag, wurde mir von dieser Seite versichert, daß die erforderlichen Instrumente zu solchem Zweck zwar projektiert, aber noch nicht gebaut seien, weil die Konstruktion im Verhältnis zum Anwendungsbereich zu kostspielig ist. Dr. Lindley setzte mir auseinander, daß bei einer Längenzunahme, z. B. schätzungsweise von $^1/_{10}$%, bei solchen Substanzen wenigstens eine Körperlänge von 1—2 mm erforderlich sei. Um solche Vorgänge genau zu ermitteln, soll es nötig sein, das ganze zu messende Objekt ins Gesichtsfeld zu projizieren. Die heutige Optik besitzt aber selbst bei stärkster Vergrößerung (Oelimmersion) nur ein $^1/_5$ mm großes Feld. Mir wurde gesagt, daß für Messungen solcher Art, ein Mikroskop mit 2 Objektiven und 2 Okularen erfor-

derlich ist, um die beiden Enden der Meßstrecke ins Gesichtsfeld zu rücken, und durch geeignete Lichtreflexion die Werte dann auf einer Meß-Scala ablesen zu können. Solch ein Mikroskop soll im Entwurf vorhanden, aber noch nicht konstruiert sein.

Darauf schlugen mir die Herren Versuche ohne Schleiferei vor. Mir wurde die interferometrische Methode genannt. Wieder holte ich mir Rat bei den Zeißwerken, mir wurden empfohlen: Zeiß - Optimeter, Zeiß - Ultra - Optimeter, Zeiß-Interferenz - Komparator. Alle drei Instrumente werden zur Vergleichsmessung angewandt. Bei dem *Optimeter* erfolgt die Messung durch „Vergleich" mit einem „Muster, Urstück, Lehre, Endmaß". Der Meßdruck, mit dem der Taststift die Objektoberfläche punktförmig berührt, beträgt 200 gr. Das *Ultra-Optimeter* ist ein „Fühlhebel-Instrument" für gleiche Zwecke. Es werden die zu prüfenden Endmaße mit „Ur-Parallel-Endmaßen verglichen. Die Wertanzeige erfolgt durch Lichtzeiger. Ebenfalls punktförmige Messung. Der *Interferenz-Komparator*. Die interferometrische Messung stellt eine Absolutmessung dar. Sie bedient sich der Wellenlänge verschiedenfarbigen Lichtes als Maßeinheit.

Die Herren Schmidt und Lindley machten den Vorschlag, statt einer Längen-, eine Höhenmessung vorzunehmen, eben im Interferenz-Komporator, derart, daß ich die reine Schmelzkrone (Dentin ausgebohrt) zwischen 2 parallele Ebenen bringe. Da die Senkrechtlagerung des Stückes und Meßpunktes bei diesem System notwendig ist, sollte die Krone zwischen 2 planparallele Metallplättchen auf Kugelbeine gebracht werden; in gleicher Weise sollte ein Kugelmeßpunkt auf der oberen Platte bei Kontrollen dieselbe Einstellung gewähren.

Diese Methode ließ ich fallen 1. weil grundsätzlich eine Vergleichsmessung nicht möglich ist. Ich mußte mit dem unterschiedlichsten Material, wie es sich aus den vorhandenen Zähnen herstellen ließ, arbeiten. 2. ist es bei den Optimetermethoden des hohen konstanten Meßdrucks wegen nicht möglich; denn, kommt es bei der Kleinheit der Schmelzstückchen überhaupt zur Ausdehnung, muß ja eine Last von 200 gr wieder komprimierend wirken. Das gleiche gilt für die interferometrische Methode bei einer Anordnung, wie der oben erwähnten, wenn eine solche aus genannten Gründen unerläßlich ist. Außerdem ist die Arbeit an diesem Apparat für einen Laien nicht möglich.

Ich hoffe, daß die Ausführungen genügen werden, um zu verstehen, daß ich von diesen Experimenten Abstand nahm, zumal ich mich wohl auf eine so kompetente Aussage des Mineralogischen Instituts verlassen kann.

Ich möchte darum jeden Kritiker bitten, bei der Beurteilung der nachfolgenden Ergebnisse nie zu vergessen, durch welche Schwierigkeiten ich schließlich auf den primitivsten Weg des Experimentierens angewiesen war.

Ich stellte mir wie schon zu Anfang plane Schmelzscheiben her. Der Wülfingsche Schleifapparat wurde auch nicht benutzt, da ich ja nun damit rechnen mußte, ungenauer zu arbeiten. Ich konnte nur ein Geschehen schlechthin beurteilen und nicht eine Größe dafür aufstellen. Durch Geschicklichkeit und Uebung gelangte ich dahin, mir für ein Uhrmikrometer einwandfreie Objekte herzustellen. Ich schnitt mir erst roh die Schmelzstücke mit einer Diamantscheibe heraus, befreite sie vom Dentin, kontrollierte im Binokularmikroskop bei Auflicht seine restlose Entfernung. Auf einer feinsten Scheibe unseres Schleifapparates, mit dem Zahnschliffe hergestellt werden, gab ich den Schmelzstücken eine meßbare Form. Zuerst schaffte ich mir eine plane Fläche, mit dieser kittete ich den Schmelz auf einen Objektträger in Kollolith. Einen Korken klebte ich als Griff ans Glas, daß ich nun sehr bequem den Objektträger parallel zur Schleifscheibe einstellen konnte. In dieser Weise schliff ich alle 4 Seiten, und kontrollierte durch zwischengeschaltete Messungen die Brauchbarkeit der Schleifstücke. Ich kontrollierte und korrigierte solange, bis ich garantiert einwandfreie, konstante Werte am Mikrometer erhielt. — Ich betone nochmals ausdrücklich, daß ich mich um Exaktheit bemühte, und sie für die angewandten Instrumente auch erreichte. Ich bat auch zur eigenen Sicherheit Herrn Prof. Wannenmacher um Kontrollmessung. Seine Ergebnisse stimmten mit meinen Werten überein. Um das Schmelzstück immer wieder in derselben Lage messen zu können, brachte ich an den Schenkeln des Meßschlittens Marken an, die sich genau gegenüberlagen. Dann legte ich das Objekt auf den Schlittentisch, und zog die Verbindungsstrecke zu den Marken auf dem Schmelz. So konnte weitgehendst immer wieder dieselbe Lagerung herbeigeführt werden. Jedes Schmelzstück wurde nummeriert.

Nach Fertigstellung der Meßstücke nahm ich die erste Messung vor, dann wurde, wie aus der Tabelle zu ersehen ist, der Schmelz wechselnd dem Einfluß von Normosallösung und Temperaturen von

37° C und 100° C ausgesetzt. Im Laufe der ersten Versuchsreihe begann ich nach jedermaligen Messung eine parallele Kontrollwägung. Ich arbeitete mit einer Mikrowaage, die eine Ablesung bis zur 4. Dezimale genau, bis zur 5. Dezimale schätzungsweise gestattete (s. Tabellen).

Allgemein ist zu sagen, daß Differenzen bei den Messungen auftreten, und für den Ausdruck räumlicher Veränderung zu gelten haben. Aber diese sind nicht von solcher Kraft, daß sie etwa die Meßstücke zerstören, wie wir es bei Querschnitten erleben, daß der Schmelz einfach abgesprengt wird. Nie ist mir ein einziges Meßstückchen auf diese Weise verloren gegangen. Es spricht wohl eindeutig dafür, daß, wie ich auch bei meinen Anfangsversuchen auseinandersetzte, die Dentinkonstruktion die Ursache dafür ist, und durch Kraftübertragung sich im Schmelz, besonders an einem locus minoris resistentiae, derartig äußert. Die Porosität solcher Stücke ist keineswegs so groß, denn ich konnte sogar nach 20tägigem Experimentieren solchen Schmelz, noch unter Erhaltung seiner Ausgangsform, planschleifen, und ihn für die mikroskopische Beobachtung herrichten.

In den einzelnen Gruppen waren zahlenmäßig die Differenzen sehr verschieden. Unter allem wurden nur in einer Gruppe bei 8 Messungen 8 Werte erhalten ($5._1$.) Ganz unverändert blieb kein Objekt. Dazwischen treten alle Variationen auf. Die gemessenen Unterschiede betragen höchstens 0,03 mm. Allgemein trat eine Veränderung von 0,0nn... mm auf. Die ersten Veränderungen waren größtenteils Verkürzungen, die an den Stücken nach Einwirkung der Wärme auftraten, mit besonderen Differenzen bei 100° C. Bei dieser Temperatur wurden sogar noch wieder Werte gemessen, wenn sich der Schmelz unter anderen Einflüssen schon längst konstant oder passiv verhielt ($2._{1.2}$.). Es kommt aber auch vor, daß nach Einwirkung von 37° C sich keine Veränderung bemerkbar machte; aber bei nachträglicher Flüssigkeitseinwirkung eine meßbare Quellung als erste Reaktion zu bestimmen war. Ueberhaupt hat sich 37° C nicht als „gewebstötend" erwiesen, weil sich nach dieser Temperatur fortlaufend ein Geschehen abspielte (s. Tabellen). Es läßt sich erklären, weil sie ja die Mundtemperatur ist. Nach Einwirkung höherer Grade trat ein beachtlicher Wertunterschied auf. Damit erlischt dann auch jeder Reaktionsfähigkeit ($3._{1.2.4}$; $4._1$.; s. auch Tabellen). Stellenweise traten daneben konstante Verhalten auf.

Betrachten wir die Tabellen, können wir den Verlauf bei solchen Manipulationen innerhalb einer Gruppe in gewisser Folge beobachten:

Wählen wir für den Ausdruck:
*konstant* = d. h. = überhaupt nicht
oder = nicht mehr —— das (—) Zeichen,
für *veränderlich* = d. h. = Verlängerung od. Verkürzung
auch = Quellung od. Schrumpfung — das (+) Zeichen.

Dann ordnen sich die Abläufe in folgende Systeme ein:

| | | |
|---|---|---|
| 1 | + | $5._1$; |
| 2 | + — | $1._{1.7}$; |
| 3 | — + | $1._2$; $3._4$; $6._4$; |
| 4 | + — + | $2._{1.3.5}$; $3._2$; $4._{2\ 3}$; |
| 5 | — + — | $1._{3.4.5}$; $3._{1.3}$; $5._{2.3.4}$; $6._{1.2.3}$; |
| 6 | + — + — | $1._6$; $4._{1.4}$; |
| 7 | — + — + | $2._{2.4}$; |

z. B. = $3._2$; = d. h. 3. Schmelzmessung; Gruppe Nr. 2.

Es läßt sich danach sagen, daß die üblichste Form der Abläufe sich nach Gruppe 5 abspielt. Nach einem anfänglich unempfindlichen Moment werden durch Mobilisierung der Substanz eine zeitlang Reaktionen ausgelöst, die sich erschöpfen. Demnach sind also auch die organischen Substanzen des Schmelzes tatsächlich fähig, sich bis zu einem gewissen Grade auszudehnen und die zwischengefaßten Schmelzprismen mitzutragen. Die anfängliche Reaktionslosigkeit, trotz Trocknung bei 37° C, führe ich darauf zurück, daß wohl die Feuchtigkeit entzogen wird; die Mundtemperatur bewirkt aber nicht eine so schädigende Austrocknung, daß die Elastizität der organischen Substanz plötzlich beseitigt wird und nun die Prismenpartien schnellstens folgen; sondern durch die Langsamkeit des Rückganges bleiben diese stehen. Bei nachfolgender Flüssigkeitszufuhr ist aber der Druck, mit dem sie in die jetzt vorhandenen Zwischenräume einströmt, durch kapilläre Saugkraft so groß, daß der hydrostatische Druck expandierend wirkt. Die organische Substanz kann sich in der gewebsfreundlichen Normosallösung erholen, sie quillt und kann vielleicht auch noch einen Anteil zur Ausdehnung beitragen, aber

viel wahrscheinlicher mag allein die physikalische Kraft die Ursache sein. Solange nun die organische Substanz die Elastizität besitzt, zu schrumpfen und zu quellen, werden den kapillären Strömungen wirksame Angriffspunkte geschaffen; d. h. aber nichts anderes, als daß die organische Substanz nicht direkt, sondern nur indirekt die Ursache der Quellungsvorgänge ist. Nach Versagen bleibt der Zustand konstant. Erst bei höchsten Temperaturen kommt es zu ihrer vollständigen Vernichtung und ein unüberwindliches Zusammenklappen der Hartsubstanz folgt. Die Kapillaren, aber nicht biologisch aufgefaßt, sind dadurch vernichtet. Der hydrostatische Druck kann sich nicht ins Innere fortpflanzen. Daß solche Vorgänge in ihrer Wertigkeit von den vorhandenen organischen Substanzen abhängen, ist sicher. Darauf können auch die fehlenden Reaktionen zurückgeführt werden. Der geringere Gehalt führt zu geringerer Ausdehnung und zu schnellerer Erschöpfung. — Das Verhalten in Gruppe 1 läßt auf sehr reichlich organische Materie schließen, in der Art wie es Zähne mit inneren Hypoplasien aufweisen; fehlerhafte Verkalkung kann das Spiel der Elastizität begünstigen. — Bei Fällen nach Gruppe 3 ist der Umschlagspunkt noch nicht erreicht. Die Erklärung bleibt die Natur der Schmelzstruktur. — Bei Gruppe 4 sind die 100° C für den zweiten Höchstpunkt verantwortlich, aber auch die Summierung geringerer Temperaturen kann schließlich den gleichen Effekt hervorrufen. — Gruppe 5 ist erklärt. — Gruppe 6 ist eine Variation zu 2. Durch 100° C wurde ein neuer Angriffspunkt geschaffen, der Beginn wiederholt sich; z. B. bei ($1._6$;) ist eine allmähliche Erholung der Gewebe zu vermuten. — In Gruppe 7 zeigt die Tabelle, daß nach einem sehr langen konstanten Zustand der Temperaturgrad doch noch eine stärkere Schrumpfung herbeiführte.

Die durchgeführten Kontrollwägungen bestätigten Flüssigkeitsspeicherungen im Schmelz. Die abgegebene Erklärung macht mir auch diesen Vorgang verständlich. Wenn wir noch Wägungsdifferenzen erhalten, parallel aber keine Meßergebnisse mehr, so führe ich das auf die Eindringung von Stoffen zurück, die eine Gewichtszunahme bewirken, deren Lösungsmittel aber keine Quellung mehr verursachen können. Die Höhen- und Tiefpunkte zu Beginn erklären sich auf dieselbe Weise, wie die bei den Messungen. — Die Gewichtszu- und abnahmen sind jedesmal um einen Bruchteil geringer gegenüber dem vorigen Ergebnis. Die Pluswerte erreichen nie die Höhe der vorangehenden Minuswerte; die Plus- und Minuswerte stellen unter sich durchschnittlich eine abfallende Kurve dar. Kleinste Ausnahmen

bestätigen natürlich die Regel. Nach Einwirkung von 100° C spielen sich hier die parallelen Abläufe zu vorigem Versuchsgang ab. Die Wägungsdifferenzen betrugen höchstens 0,02 Gramm; die üblichsten Unterschiede betrugen 0,000 nn... Gramm und mehr.

Durch diese Befunde angeregt, führte ich noch Wägekontrollen frischer Schmelzkronen — ganz dentinfrei — durch. Die Tabellenwerte (s. danach) lassen dieselben Höhen und Tiefen des Geschehens erkennen und machen wiederholende Erklärungen überflüssig. Die Wertunterschiede sind entsprechend der Substanzmenge selbstverständlich etwas größer; die errechneten Unterschiede zeigen aber, daß auch hier der wägbare Unterschied sich erst selten in der zweiten Dezimale (2. ....) einstellt; am häufigsten tritt er in der 3. und fortlaufend auf.

Meine Arbeiten auf diesem Gebiet haben mich dazu geführt, die Abläufe im Schmelz auf physikalisch-chemische Vorgänge zurückzuführen. Die organische Substanz kann nicht geleugnet werden, aber die Beweise der Physiologie und Biologie sind in ihr nicht zu erkennen, vielmehr ist sie in der Weise, wie sie Blotevogel erklärt, mit den schon früher bekannt gewordenen Ergebnissen und meinen Befunden für mich erklärlich. Besonders macht es mir die Wägeergebnisse verständlich, daß das Eiweiß als chemische Substanz (aus: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff n. Blotevogel) diesen physikalischen Vorgang fördert. Ich betrachte den Schmelz für eine mineralische Ausscheidung des Organismus und führe seine zunehmende Härte auf den allmählichen Uebergang in den festen Aggregatzustand zurück. Wie der Gesamtorganismus asymmetrische Bildungen aufweist, sind sie auch im Schmelz zu finden. Die Unregelmäßigkeit der organischen Anteile in Form und Menge, das Fehlen jeder Zelle und sein Verhalten Flüssigkeiten, also auch dem Speichel gegenüber, hebt ihn aus dem biologischen Verband heraus. Die eingeschlossenen Eiweißsubstanzen ermöglichen das Eindringen von Flüssigkeiten, aber erst nach ihrer Mobilisierung durch Wärme oder Lösungen. — Bei exogenen Färbungen wirken dieselben Ursachen, und bestimmen die Größe. Ich nehme nach diesen Ergebnissen auch für meine Diffusionsversuche mit $AgNO_3$ solche Ursachen als beeinflussende Faktoren an. Damit greifen neben den chemischen Komponenten einwandfrei physikalische Kräfte bei den Vorgängen ein, und bestimmen das gesamte Färbeergebnis. Bei meinen Versuchen konnte ich eine Vermutung nicht nachprüfen. Als anorganischer und physikalischer Körper wird er ähn-

lich, wie es solche und auch Metalle zeigen, wahrscheinlich seinem Faserzug entsprechend, die größere Ausdehnung aufweisen, während senkrecht dazu keine oder geringere erfolgt. Ich konnte bei meinen Messungen nur eine Raumtiefe bestimmen, aber um seinen physikalischen Charakter noch genauer zu bestätigen, ist es sicher lohnend, seine Ausdehnung bei Temperatur und Feuchtigkeit in einer gleichzeitigen Breiten- und Längenmessung zu bestimmen. — Die Radioindustrie soll ähnliche Messungen vornehmen. Ihr patentiertes Instrumentarium für derartige Zwecke macht sie aber einem Außenstehenden nicht zugänglich.

Vielleicht findet sich die Möglichkeit, durch Zusammenarbeit der wissenschaftlichen Vertreter, näheres über die Verwendungsmöglichkeiten bei unseren Arbeiten zu erfahren.

*Zusammenfassung.*

1. Der Schmelz ist von beiden Seiten für Flüssigkeiten durchlässig, aber eine biologische Verbindung zum Säftestrom des Körpers besteht nicht.

2. Der Schmelz wird als Abscheidungsprodukt des Organismus aufgefaßt, der allmählich in den festen Aggregatzustand übergeht.

3. Schmelz kann quellen und schrumpfen, d. h. sich ausdehnen und verkürzen; die Eiweißstoffe sind nur die indirekte Ursache; die Vorgänge sind physikalischer und physikalisch-chemischer Natur.

4. Die Veränderlichkeit der Schmelzsubstanz wird durch exogene Faktoren herbeigeführt.

5. Chemische Kräfte (Molekulargewicht, Molekulargröße, Konzentration und Osmotischer Druck) bestimmen mit physikalischen (Kapilläre Saugkraft, Hydrostatischer Druck) die Eindringungstiefe von Flüssgikeiten in den Schmelz. Die Eiweißstoffe spielen nur die secundäre Rolle.

---

An den Ergebnissen dieser Versuche kann nicht vorbeigegangen werden. Sie sind Beweise vielseitiger Geschehnisse im Schmelz. Trotzdem bin ich mir bewußt, daß die geübte Methode als Vorversuch aufzufassen ist, Aber die Ergebnisse beweisen auch, daß es loh-

nend sein wird, einen weiteren Ausbau der Methode anzustreben. Wenn es erst gelingt, ein zweckmäßiges Instrumentarium zu gewinnen, wird es auch möglich sein, exakte, der Wissenschaft genügende Prüfungen auf diesem Gebiete durchzuführen.

---

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Wannenmacher, sei für die Ueberlassung der vorliegenden Arbeit, sein bei der Anfertigung gezeigtes Interesse und die Förderung, die ich in dieser Zeit erfuhr, hiermit herzlich gedankt.

# Diffusionsversuche.

## Reihe I.

W* = Wurzel
K* = Kronen
} seite.

Beginn: 15. 1. 37. 4. 2. 37.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nr. 1 $\overline{\lvert 1}$ | W* / K* \| 5% NaCl / 5% $AgNO_3$ | | 29. 1. = neg. / 31. 1. = neg. | neg. |
| Nr. 2 $\underline{1\rvert}$ | W / K \| 5% NaCl / 2% $AgNO_3$ | | 29. \| 31. Flöckchen | Flöckchen |
| Nr. 3 $\overline{1\rvert}$ | W / K \| 10% NaCl / 5% $AgNO_3$ | | 29. \| 31. neg. | neg. |
| Nr. 4 $\overline{2\rvert}$ | W / K \| 10% NaCl / 2% $AgNO_3$ | | 29. 1. = neg. / 31. 1. = wenig pos. | Flöckchen |
| Nr 5 $\underline{3\rvert}$ | W / K \| 10% NaCl / 2% $AgNO_3$ | | 29. \| 31. neg. | Flocken! |
| Nr. 6 $\underline{3\rvert}$ | W / K \| 10% NaCl / 5% $AgNO_3$ | | 29. \| 31. neg. | neg. |
| Nr. 7 $\lvert\underline{5}$ | W / K \| 10% NaCl / 2% $AgNO_3$ | Beginn: 8. 2. 37 — 26. 2. 37 | 22. 2. = neg. / 24. 2. = wenig pos. | 26. 2. 37 Flöckchen |
| Nr. 8 $\underline{3\rvert}$ | W / K \| 10% NaCl / 2% $AgNO_3$ | " | 22. 2. = ? / 24. 2. = wenig pos. | Flöckchen |
| Nr. 9 $\lvert\underline{3}$ | W / K \| 5% $AgNO_3$ / 10% NaCl | | — | — |
| Nr $\lvert\underline{3}$ | W / K \| 5% $AgNO_3$ / 5% NaCl | | — | — |
| Nr. 11 $\overline{4\rvert}$ | W / K \| 2% $AgNO_3$ / 5% NaCl | | — | — |
| Nr. 12 $\lvert\overline{3}$ | W / K \| 2% $AgNO_3$ / 10% NaCl | | — | — |

# 1. Mikrometermessung und Kontrollwägung.

| Messung: | Beginn: 29. 1. 37 | Schmelz Nr. 1 | Schmelz Nr. 2 | Schmelz Nr. 3 | Schmelz Nr. 4 | Schmelz Nr. 5 | Schmelz Nr. 6 | Schmelz Nr. 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Physiol.-Normosal-Lösung | 2,942 | 3,27 | 3,915 | 5,33 | 4,019 | 2,931 | 3,04 |
| 2. | 1. 2. 37. Brutschrank 37° | 2.94 | 3,27 | 3,915 | 5,33 | 4,019 | 2,93 | 3,02 |
| 3. | 2. 2. 37. Normosal-Lösung | 2,94 | 3,27 | 3,915 | 5,335 | 4,02 | 2,93 | 3,02 |
| 4. | 3. 2. 37. „ „ | 2,94 | 3,28 | 3,92 | 5,34 | 4,02 | 2,931 | 3,02 |
| 5. | 5. 2. 37. Brutschrank 37° | 2,94 | 3,25 | 3,92 | 5,34 | 4,02 | 2,93 | 3,02 |
| 6. | 6. 2. 37. Normosal-Lösung | 2,94 | 3,245 | 3,92 | 5,34 | 4,02 | 2,93 | 3,02 |
| | Differenzen: | — 0,002 | + 0,01<br>— 0,03 | + 0,005 | + 0,005<br>+ 0,005 | + 0,001 | — 0,001<br>+ 0,001 | — 0,02 |

| | Kontrollwägung / ab 4. Messung | 3. 2. 37 1. Wägung | 5. 2. 37 2. Wägung | 6. 2. 37 3. Wägung |
|---|---|---|---|---|
| 1. Wägung = 4. Messung | Normosal-Lösung | 4,30682 | 4,30535 | 4,3062 |
| 2. Wägung = 5. Messung | Brutschrank 37° | | — 0,00147 | + 0,00085 |
| 3. Wägung = 6. Messung | Normosal-Lösung | | ± 0,00062 | |

# 2. Mikrometermessung und Kontrollwägung.

| Messung: | Beginn: 4. 2. 37 | | Schmelz Nr. 1 | Schmelz Nr. 2 | Schmelz Nr. 3 | Schmelz Nr. 4 | Schmelz Nr. 5 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 4. 2. 37. | Normosal-Lösung | 5,19 | 4,652 | 4,072 | 3,805 | 4,29 | | | |
| 2. | 5. 2. 37. | Brutschrank 37 ° | 5,18 | 4,652 | 4,05 | 3,805 | 4,285 | | | |
| 3. | 6. 2. 37. | Normosal-Lösung | 5,19 | 4,66 | 4,05 | 3,805 | 4,29 | | | |
| 4. | 8. 2. 37. | „ „ | 5,19 | 4,66 | 4,078 | 3,805 | 4,29 | | | |
| 5. | 10. 2. 37. | Brutschrank 37 ° | 5,19 | 4,66 | 4,078 | 3,80 | 4,29 | | | |
| 6. | 12. 2. 37. | Normosal-Lösung | 5,19 | 4,66 | 4,078 | 3,80 | 4,29 | | | |
| 7. | 15. 2. 37, | Brutschrank 37 ° | 5,19 | 4,66 | 4,078 | 3,80 | 4,29 | | | |
| 8. | 19. 2. 37. | b. 100 ° Austrocknung | 5,16 | 4,65 | 4,06 | 3,79 | 4,28 | | | |
| | * bis 17. 2. 37 in Normosal, aber nicht gemessen, nur gewogen | | — 0,01<br>+ 0,01<br>— 0,03 | + 0,008<br>— 0,01 | — 0,022<br>+ 0,028<br>— 0,018 | — 0,005<br>— 0,01 | — 0,005<br>+ 0,005<br>— 0.01 | | | |

| Wägung | Kontrollwägung | 4. 2. 37 1. Wägung | 5. 2. 37 2. Wägung | 8. 2. 37 3. Wägung | 10. 2. 37 4. Wägung | 12. 2. 37 5. Wägung | 15. 2. 37 6. Wägung | 17. 2. 37 7. Wägung | 19. 2. 37 8. Wägung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Normosal-Lösung | 0,2382 | 0,2368 | 0,2396 | 0,2367 | 0,2384 | 0,2366 | 0,2386 | 0,2354 |
| 2. | Brutschrank 37 ° | | — 0,0014 | + 0,0028 | — 0,0029 | + 0,0020 | — 0,0018 | + 0,020 | — 0,0032 |
| 3. | Normosal-Lösung | | ± 0,0014 | ± 0,0001 | ± 0,0009 | ± 0,0002 | ± 0,0002 | ± 0,0012 | |
| 4. | Brutschrank 37 ° | | | | | | | | |
| 5. | Normosal-Lösung | | | | | | | | |
| 6. | Brutschrank 37 ° | | | | | | | | |
| 7. | Normosal-Lösung | | | | | | | | |
| 8. | b. 100 ° Austrocknung | | | | | | | | |

# 3. Mikrometermessung und Kontrollwägung.

| Messung: | Beginn: 26. 2. 37 | | Schmelz Nr. 1 | Schmelz Nr. 2 | Schmelz Nr. 3 | Schmelz Nr. 4 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 26. 2. 37. | Normosal-Lösung | 3,138 | 3,558 | 3,23 | 2,24 | | | | |
| 2. | 27. 2. 37. | Brutschrank 37 ° | 3,138 | 3,55 | 3,23 | 2,24 | | | | |
| 3. | 2. 3. 37. | Normosal-Lösung | 3,138 | 3,55 | 3,23 | 2,24 | | | | |
| 4. | 4. 3. 37. | Brutschrank 37 ° | 3,13 | 3,55 | 3,22 | 2,23 | | | | |
| 5. | 10. 3. 37. | Normosal-Lösung | 3,13 | 3,57 | 3,235 | 2,24 | | | | |
| 6. | 12. 3. 37. | 100 ° | 3,12 | 3,56 | 3,22 | 2,235 | | | | |
| 7. | 16. 3. 37, | Normosal-Lösung | 3,13 | 3,575 | 3,22 | 2,242 | | | | |
| 8. | 20. 3. 37. | Brutschrank 37 ° | 3,13 | 3,57 | 3,22 | 2,24 | | | | |
| | Differenzen: | | − 0,008<br>− 0,01<br>+ 0,01 | − 0,008 \| +0,015<br>+ 0,02 \| −0,005<br>− 0,01 | − 0,01<br>+ 0,015<br>− 0,015 | − 0,01 \| +0,017<br>+ 0,01 \| −0,002<br>− 0,005 | | | | |
| Wägung | Kontrollwägung | | 26. 2. 37<br>1. Wägung | 27. 2. 37<br>2. Wägung | 2. 3. 37<br>3. Wägung | 4. 3. 37<br>4. Wägung | 10. 3. 37<br>5. Wägung | 12. 3. 37<br>6. Wägung | 16. 3. 37<br>7. Wägung | 20. 3. 37<br>8. Wägung |
| 1. | Normosal-Lösung | | 4,11301 | 4,11256 | 4,11301 | 4,11226 | 4,113 | 4,1118 | 4,112 | 4,1118 |
| 2. | Brutschrank 37 ° | | | − 0,00045 | + 0,00045 | − 0,00075 | + 0,00074 | − 0,0012 | + 0,0002 | − 0,0002 |
| 3. | Normosal-Lösung | | | ± 0 | ± 0,00030 | ± 0,00001 | ± 0,00046 | ± 0,001 | ± 0 | |
| 4. | Brutschrank 37 ° | | | | | | | | | |
| 5. | Normosal-Lösung | | | | | | | | | |
| 6. | 100 ° | | | | | | | | | |
| 7. | Normosal-Lösung | | | | | | | | | |
| 8. | Brutschrank 37 ° | | | | | | | | | |

# 4. Mikrometermessung und Kontrollwägung.

| Messung: | Beginn: 26. 2. 37 | | Schmelz Nr. 1 | Schmelz Nr. 2 | Schmelz Nr. 3 | Schmelz Nr. 4 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 26. 2. 37 | Normosal-Lösung | 3,715 | 3,30 | 3,185 | 2,64 | | | | |
| 2. | 27. 2. 37. | 100 ° | 3,698 | 3,29 | 3,18 | 2,632 | | | | |
| 3. | 2. 3. 37. | Normosal-Lösung | 3,715 | 3,29 | 3,18 | 2,64 | | | | |
| 4. | 4. 3. 37. | Brutschrank — 37 ° | 3,70 | 3,28 | 3,18 | 2,632 | | | | |
| 5. | 10. 3. 37. | Normosal-Lösung | 3,71 | 3,29 | 3,20 | 2,638 | | | | |
| 6. | 12. 3. 37. | 100 ° | 3,71 | 3,29 | 3,175 | 2,638 | | | | |
| 7. | 16. 3. 37. | Normosal-Lösung | 3,72 | 3,30 | 3,188 | 2,64 | | | | |
| 8. | 20. 3. 37. | Brutschrank 37 ° | 3,72 | 3,298 | | 2,64 | | | | |
| | Differenzen: | | — 0,017 + 0,01<br>+ 0,017 + 0,01<br>— 0,015 | — 0,01 + 0,01<br>— 0,01 — 0,002<br>+ 0,01 | — 0,005 + 0,013<br>+ 0,02<br>— 0,025 | — 0,008 + 0,006<br>+ 0,008 + 0,002<br>— 0,008 | | | | |

| Wägung | Kontrollwägung | 26. 2. 37<br>1. Wägung | 27. 2. 37<br>2. Wägung | 2. 3. 37<br>3. Wägung | 4. 3. 37<br>4. Wägung | 10. 3. 37<br>5. Wägung | 12. 3. 37<br>6. Wägung | 16. 3. 37<br>7. Wägung | 20. 3. 37<br>8. Wägung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Normosal-Lösung | 5,5556 | 5,5543 | 5,55464 | 5,5543 | 5,55466 | 5,5542 | 5,55464 | 5,55456 |
| 2. | 100 ° | | — 0,0013 | + 0,00034 | — 0,00034 | + 0,00036 | — 0,00046 | + 0,00044 | — 0,00008 |
| 3. | Normosal-Lösung | | ± 0,00096 | ± 0 | ± 0,00002 | ± 0,0001 | ± 0,00002 | ± 0,00036 | |
| 4. | Brutschrank — 37 ° | | | | | | | | |
| 5. | Normosal-Lösung | | | | | | | | |
| 6. | 100 ° | | | | | | | | |
| 7. | Normosal-Lösung | | | | | | | | |
| 8. | Brutschrank 37 ° | | | | | | | | |

# 5. Mikrometermessung und Kontrollwägung.

| Messung: | Beginn: 27. 2. 37 | | Schmelz Nr. 1 | Schmelz Nr. 2 | Schmelz Nr. 3 | Schmelz Nr. 4 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 27. 2. 37 | Normosal-Lösung | 3,92 | 3,128 | 2,39 | 1,718 | | | | |
| 2. | 1. 3. 37. | 100 ° | 3,91 | 3,128 | 2,39 | 1,718 | | | | |
| 3. | 4. 3. 37. | Normosal-Lösung | 3,925 | 3,13 | 2,40 | 1,73 | | | | |
| 4. | 8. 3. 37. | Brutschrank — 37 ° | 3,89 | 3,123 | 2,39 | 1,73 | | | | |
| 5. | 10. 3. 37. | Normosal-Lösung | 3,90 | 3,13 | 2,392 | 1,735 | | | | |
| 6. | 12. 3. 37. | 100 ° | 3,89 | 3,13 | 2,39 | 1,73 | | | | |
| 7. | 16. 3. 37. | Normosal-Lösung | 3,90 | 3,13 | 2,395 | 1,73 | | | | |
| 8. | 20. 3. 37. | Brutschrank 37 ° | 3,89 | 3,13 | 2,395 | 1,73 | | | | |
| | Differenzen: | | −0,01 \| +0,01<br>+0,015 \| −0,01<br>−0,035 \| +0,01<br>\| −0,01 | +0,002<br>−0,007<br>+0,007 | +0,01 \| −0,002<br>−0,01 \| +0,005<br>+0,002 | +0,012<br>+0,005<br>−0,005 | | | | |

| Wägung | Kontrollwägung | 27. 2. 37 1. Wägung | 1. 3. 37 2. Wägung | 4. 3. 37 3. Wägung | 8. 3. 37 4. Wägung | 10. 3. 37 5. Wägung | 12. 3. 37 6. Wägung | 16. 3. 37 7. Wägung | 20. 3. 37 8. Wägung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Normosal-Lösung | 5,3339 | 5,3327 | 5,3331 | 5,3328 | 5,3332 | 5,3326 | 5,3336 | 5,3326 |
| 2. | 100 ° | | − 0,0012 | + 0,0004 | − 0,0003 | + 0,0004 | − 0,0006 | + 0,001 | − 0,001 |
| 3. | Normosal-Lösung | | ± 0,0008 | ± 0,0001 | ± 0,0001 | ± 0,0002 | ± 0,0004 | ± 0 | |
| 4. | Brutschrank — 37 ° | | | | | | | | |
| 5. | Normosal-Lösung | | | | | | | | |
| 6. | 100 ° | | | | | | | | |
| 7. | Normosal-Lösung | | | | | | | | |
| 8. | Brutschrank 37 ° | | | | | | | | |

# 6. Mikrometermessung und Kontrollwägung.

| Messung: | Beginn: 27. 2. 37 | | Schmelz Nr. 1 | Schmelz Nr. 2 | Schmelz Nr. 3 | Schmelz Nr. 4 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 27. 2. 37 | Normosal-Lösung | 2,91 | 3,18 | 2,18 | 2,625 | | | | |
| 2. | 1. 3. 37. | Brutschrank 37 ° | 2,91 | 3,18 | 2,18 | 2,625 | | | | |
| 3. | 4. 3. 37. | Normosal-Lösung | 2,93 | 3,188 | 2,192 | 2,643 | | | | |
| 4. | 8. 3. 37. | Brutschrank — 37 ° | 2,928 | 3,188 | 2,192 | 2,64 | | | | |
| 5. | 10. 3. 37. | Normosal-Lösung | 2,93 | 3,19 | 2,20 | 2,642 | | | | |
| 6. | 12. 3. 37. | 100 ° | 2,915 | 3,178 | 2,188 | 2,63 | | | | |
| 7. | 16. 3. 37. | Normosal-Lösung | 2,928 | 3,18 | 2,188 | 2,64 | | | | |
| 8. | 20. 3. 37. | Brutschrank 37 ° | 2,928 | 3,18 | 2,19 ? | 2,62 | | | | |
| | Differenzen: | | +0,02 −0,015 −0,002 +0,013 +0,002 | +0,008 +0,0002 +0,002 −0,012 | + 0,012 + 0,008 − 0,012 | + 0,018 −0,012 − 0,003 +0,01 + 0,002 −0,02 | | | | |

| Wägung | Kontrollwägung | 27. 2. 37 1. Wägung | 1. 3. 37 2. Wägung | 4. 3. 37 3. Wägung | 8. 3. 37 4. Wägung | 10. 3. 37 5. Wägung | 12. 3. 37 6. Wägung | 16. 3. 37 7. Wägung | 20. 3. 37 8. Wägung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Normosal-Lösung | 5,0672 | 5,06608 | 5,0672 | 5,0664 | 5,069 | 5,0663 | 5,06676 | 5,0664 |
| 2. | Brutschrank 37 ° | | — 0,00112 | + 0,00112 | — 0,0018 | + 0,0026 | — 0,0027 | + 0,00046 | — 0,00036 |
| 3. | Normosal-Lösung | | ± 0 | ±0,00068 | ± 0,0008 | ± 0,0001 | ±0,00224 | ±0,0001 | |
| 4. | Brutschrank — 37 ° | | | | | | | | |
| 5. | Normosal-Lösung | | | | | | | | |
| 6. | 100 ° | | | | | | | | |
| 7. | Normosal-Lösung | | | | | | | | |
| 8. | Brutschrank 37 ° | | | | | | | | |

# Wägung I.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Schmelzwägung | 8. 1. 37 Normosal Lös. I. | 11. 1. 37 37 ° II. | 13. 1. 37 Normosal Lös. III. | 16. 1. 37 Normosal Lös. IV. | 18. 1. 37 37 ° V. | 22. 1. 37 Normosal Lös VI. | 25. 1. 37 37 ° VII | |
| reiner Schmelz frischer Zähne | 0,87356 | 0,86674 | 0,87304 | 0,87324 | 0,8666 | 0,8732 | 0.86576 | |
| | — 0,00682 zwischen II : IV = + 0,0065 | | | — 0,00664 | + 0,0066 | — 0,00744 | | |
| | | ± 0,00032 | | ± 0,00014 | ± 0,00004 | | ± 0,00084 | |
| 2. Schmelzwägung | 22. 1. 37 Normosal Lös. I. | 23. 1. 37 37 ° II. | 25. 1. 37 37 ° III. | 26. 1. 37 37 ° IV. | 28. 1. 37 Normosal Lös. V. | 1. 2. 37 37 ° VI. | 3. 2. 37 Normosal Lös. VII. | 5. 2. 37 37 ° VIII. |
| reiner Schmelz frischer Zähne | 5,6401 | 5,6316 | 5,6309 | 5,6304 | 5,6416 | 5,6302 | 5,6395 | 5,63176 |
| | I : IV = — 0,0097 | | | + 0,0112 | — 0,0114 | + 0,0093 | — 0,00774 | |
| | | ± 0,0015 | | | ± 0,0002 | ± 0,0021 | ± 0,00156 | |
| 3. Schmelzwägung | 22. 1. 37 Normosal Lös. I. | 23. 1. 37 37 II. | 25. 1. 37 37 ° II. | 26. 1. 37 37 ° IV. | 28. 1. 37 Normosal Lös. V. | 1. 2. 37 37 ° VI. | 3. 2. 37 Normosal Lös. VII. | 5. 2. 37 37 ° VIII. |
| reiner Schmelz frischer Zähne | 6,06846 | 6,06043 | 6,06027 | 6,06022 | 6,06824 | 6,061 | 6.06864 | 6,06236 |
| | I : IV = — 0,00824 | | | + 0,00802 | — 0,00724 | + 0.00764 | — 0,00o28 | |
| | | ± 0,00022 | | | ± 0,00078 | ± 0,0004 | ± 0,00136 | |
| 4. Schmelzwägung | 28. 1. 37 Normosal Lös. I. | 1. 2. 37 37 ° II | 3. 2. 37 Normosal Lös. III. | 5. 2. 37 37 ° IV. | 8. 2. 37 Normosal Lös. V. | 10. 2. 37 37 ° VI. | 15. 2. 37 Normosal Lös. VII. | 17. 2. 37 37 ° VIII. |
| reiner Schmelz frischer Zähne | 6,0492 | 6,043 | 6,04725 | 6,04394 | 6,0472 | 6,0438 | 6,04856 | 6,04394 |
| | — 0,0062 | + 0,00425 | — 0,00331 | + 0,00326 | — 0,0034 | + 0,00476 | - 0,00462 | |
| | | ± 0,00195 | ± 0,00094 | ± 0,00005 | ± 0,00014 | ± 0,00136 | ± 0,00014 | |
| 5. Schmelzwägung | 3. 2. 37 Normosal Lös. I. | 5. 2. 37 100 ° II. | 8. 2. 37 Normosal Lös. III. | 10. 2. 37 37 ° IV. | 15. 2. 37 Normosal Lös. V. | 17. 2. 37 37 ° VI. | 19. 2. 37 100 ° VII. | |
| reiner Schmelz frischer Zähne | 6,48476 | 6,4724 | 6,47556 | 6,4734 | 6,47552 | 6,4732 | 6,4716 | |
| | — 0,01236 | + 0,00316 | — 0,00216 | + 0,00212 | — 0,00232 | — 0,0016 | | |
| | | ± 0,0092 | ± 0,001 | ± 0,00004 | V : VII = — 0,00392 ± 0,0018 | | | |
| 6. Schmelzwägung | 10. 3. 37 Normosal Lös. I. | 12. 3. 37 100 ° II. | 16. 3. 37 Normosal Lös. III. | 20. 3. 37 37 ° IV. | 23. 3. 37 Normosal Lös. V. | | | |
| reiner Schmelz frischer Zähne | 5,822 | 5,81246 | 5,8164 | 5,81274 | 5,81656 | | | |
| | — 0,00954 | + 0,00394 | — 0,00366 | + 0,00382 | | | | |
| | | ± 0,0056 | ± 0,00028 | ± 0,00016 | | | | |

## *I. Instrumente.*

Meßmikroskop der Fa. Leitz, Wetzlar. — Uhrenmikrometer, R. Mühle u. Sohn, Glashütte i. S. — Mikrowaage, Patent Satorius, Göttingen. Fabrik: Paul Altmann, Berlin NW, Luisenstr. 47.

## *II. Literatur.*


Adrion, W.: Experimentelle Untersuchungen über Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. — D. M. f. Z. 1921.

— Schmelzsprünge und Diffusionsvorgänge i. d. harten Zahnsubstanzen. — Z. R. 1922, S. 54.

Andresen, V.: Mineralisation u. Remineralisation des Zahnschmelzes. — D. M. f. Z. 1921.

— Mineralisationszemente zur Behandlung der Karies insipiens. — D. M. f. Z. 1922, S. 707.

Akamatsu, K.: Nochmals zur traumatischen Entstehung der sog. Lamellen u. Büschel d. Zahnschmelzes. — V. f. Z. 1928, S. 553.

— Das Vorkommen v. Fett im Schmelz des Zahnes. — Z. f. St. 1929, S. 1064.

Applebaum, E.: Concerning the permeability of human enamel. — I. Dent. Res. 11. 1931, S. 611.

— Lymph chanals in dentin and enamel stained by amalgam. — Ref. Fortschr. d. Zahnh. 1936, Bd. II. S. 604.

Bauchwitz-Heinemann: Weitere Untersuchungen über das Durchlässigkeitsvermögen der harten Zahnsubstanzen. — Z. R. 1926, S. 21.

Begelmann, J: Die elektrische Leitfähigkeit als Methode zur Bestimmung der Permeabilität des Schmelzes. — Z. f. St. 1930, S. 1058.

Beretta, A.: Aetiologie und Pathogenese der Caries unter besonderer Berücksichtigung der vitalistischen Struktur des Schmelzes. — La Stomatologia 1927/333. — Ref. Fortschr. d. Zahnh. 1928. Bd. II, S. 461.

Bertram, H. = Klein- Schneen.: Nachweis des Stoffwechsels in Hundezahnbein durch Farbwanderung. — Dtsch. Z.-M.- u. K.-Heilk. 1934, Bd. I, S. 105.

Beust, Th.: The nutrition of the enamel, with reference to its succeptivity to impregnation with deyes. — The Dental-Summery XLIV, 1924, S. 474.

— The capillaries of the enamel and their relation to mottled teeth. — The Journal of the Amer. Dent. Assoc. XIII, 1926, S. 980.

Blotevogel, W.: Der vitale Farbstofftransport während der Zahnbildung. — V. f. Z. 1924, S. 185.
Boedecker, Ch.: Enamel lamellae. J. amerc. dent. Assoc. 1928/1885. — Ref. Fortschr. d. Zahnh. 1925, Bd. II, S. 338.
— Das Vorkommen v. Fett i. d. Zahngeweben u. seine Bedeutung f. d. Zahncaries. — V. f. Z. 1931, S. 208.
Brammer, F.: Ueber Lamellen u. Büschel im Schmelz menschl. Zähne. D. M. f. Z. 1930.
Chessina, A.: Zu den Lebenseigenschaften des Zahnschmelzes und der anderen Zahngewebe. „Zum Ammoniakstoffwechsel in überlebenden Zähnen." — D. M. f. Z. 1929.
Christ, J.: Zwei Kapitel aus den Beziehungen zwischen Stoffwechsel u. Zähne. — Z. R. 1926, S. 685.
De Vecchis, B.: Ueber die Permeabilität des Schmelzes. — La Stomatologia 1927, S. 73. — Ref. Fortschr. d. Zahnh. 1928, Bd. II, S. 733.
Dietrich, A.: Allgemeine Pathologie u. Pathologische Anatomie. — Leipzig 1933, 2. Aufl. Bd. I.
Dierks, K.: Experimentelle Beiträge zur sog. Vitalität des Schmelzes. — Z. R. 1928, S. 905.
Ehringhaus, A.: Mikroskopische Technik. Sonderabdruck aus Handwörterbuch der Naturwissenschaften. — Jena 1932, 2. Aufl. Bd. VI.
Faber, F.: Zur Frage der Diffusionsvorgänge i. d. harten Zahnsubstanzen. — Z. R. 1924, S. 13.
— Zur Frage nach dem Leben des menschlichen Zahnschmelzes. — Z. f. St. 1924, S. 663.
— Die Frage der Vitalität des menschlichen Zahnschmelzes im Lichte der neueren Forschung. — Z. f. St. 1929, S. 530.
— Histologie. — Fortschr. d. Zahnh. 1932, Bd. I, S. 257.
Fabian, H.: Wie steht es mit der remineralisierenden u. schützenden Wirkung des Präparates Kalk-Eucerin? — Z. R. 1926, S. 269.
Feibusch, L.: Zur Frage der sog. „Diffusionsvorgänge im harten Zahngewebe". — D. M. f. Z. 1922.
Fish, E.: Circulation in the dental tubules with some observation on the metabolism of the dentine. Proc. of. the Royal Society of med. 1926, S. 59.
— The lymph suppley of the dentine and enamel. The Dental Sury 1927, XXIV, Nr. 1159. — Ref. Fortschr. d. Zahnh. 1928, Bd. II, S. 407.
— A physiological survey of the nature of enamel in carnivora and primates. — Dent. Rec. 1928, S. 289. — Ref. Fortschr. d. Zahnh. 1929, Bd. II, S. 338.
Fischer, G. Spezielle Biologie des Zahnsystems. — Fortschr. d. Zahnh. 1933, Bd. 1.
Fischer-Lehnartz: Lehrbuch der Physiologie. Berlin 1934.
Guttmann, W.: Grundriß der Physik. Berlin-Wien 1932, 23. Aufl.
Hermann: Ein Beitrag zur Histologie der Schmelz-Dentin-Grenze. Z. R. 1929, S. 1846.

Herzig, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Permeabilität des Zahnes. — Z. R. 1937, S. 655.

Hopewell-Smith, A.: Concerning human enamel: facts, explanations and applications. The Dental Cosmos 1926, S. 639.

Jäger, O.: Die Frage der Durchlässigkeit d. Zahnschmelzes f. Wasser u. Salzlösungen. — V. f. Z. 1933, S. 444.

Jeffery, G.: The permeability of enamel. — Brit. dent. J. 35, 1932, S. 65.

Keil, A.: Der menschliche Zahnschmelz im kariösen Zustand. — Dtsch. Z.-, M.- u. K.-Heilk. 1936, Nr. 219.

Keßler, H.: Zur Frage des Durchlässigkeitsvermögens d. harten Zahnsubstanzen. — Z. R. 1926, S. 78.

Klein-Amberson: Changes in the electrical resistance of the enamel as a measure of permeability to salts. s. Dent. Res. VIII. 1928. — Ref. Fortschr. d. Zahnh. 1930, Bd. II, S. 303.

Kraus, A.: Zur Frage der experimentellen De- u. Remineralisation des Zahnschmelzes. — D. M. f. Z. 1931, Nr. 17.

Leigh, R.: The staining of human enamel-bulk. — The Journal of the Amerc. Dent. Assoc. 1925. S. 1415.

Livingston, A.: The permeability of enamel. —Proc. of the Royal Society of med. 1925, S. 26.

Lukomsky-Rywkina: Zu den Lebenseigenschaften des Zahnschmelzes u. d. anderen Zahngewebe. — Die Permeabilität des Zahngewebes f. Calcium. — D. M. f. Z. 1925 u. 1930.

Maacke, Ch.: Die Histologie d. Porphyriezähne. — V. f. Z. 1931, S. 207.

Misch, J.: Zahnärztlich-soziale Hygiene. — Fortschr. d. Zahnh. 1927/29/30/31/33, Bd. I.

Moeser, E.: Ueber Diffusionsvorgänge i. d. harten Zahnsubstanzen. — Z. R. 1922, S. 28.

Münch: Beitrag zur Frage der Vitalität des Schmelzes. — V. f. Z. 1929, S. 532.

Orbán, J.: Schmelz- u. Schmelzoberhäutchen. Schmelzlamellen und Büschel. — Z. f. St. 1926, Nr. 2.

— Entwicklungsgeschichte u. Histogenese. — Fortschr. d. Zahnh. 1928, Bd. I. S. 797 u. Fortschr. d. Zahnh. 1931, Bd. I.

Pflüger, H.: Die Lebensvorgänge im normalen u. kranken Zahnbein. — V. f. Z. 1933, S. 49.

Port-Euler: Lehrbuch d. Zahnheilkunde. München 1934, 5. Aufl.

Proell, F.: Vitalfärbung bei Tieren. — V. f. Z. 1927, S. 480.

— Beiträge zur Vitalen Knochenfärbung. — Z. f. Zellforsch. u. mikroskop. Anat. III.

Radošević, E.: Einige Osmotische Untersuchungen an den Zähnen. — D. M. f. Z. 1922.

— Das Grundprinzip des Stofwechsels im Zahn. — D. M. f. Z. 1927, S. 145.

Rauber-Kopsch: Lehrbuch u. Atlas der Anatomie des Menschen. — Leipzig 1929, 13. Aufl., Bd. IV.

Reißner, A.: Spurstreifen in der Dentin-Schmelzgrenze u. ihre Bedeutung. — Z. R. 1930, Nr. 4.
Retterer, E.: De la dent et des conditiones de sa vitalité. Sémaine dent. 1931, S. 759. — Ref. Fortschr. d. Zahnh. 1932, Bd. II, S. 540.
Sicher, H.: Histologie. — Fortschr. d. Zahnh. 1925, Bd. I, 291, Fortschr. d. Zahnh. 1926, Bd. I, 267.
Siegmund, H.: Pathologische Histologie. — Fortschr. d. Zahnh. 1925. Bd. II. 315.
Siegmund-Weber: Pathologische Histologie der Mundhöhle. Leipzig 1926.
Smreker: Ueber Fortsetzungen v. Zahnbeinkanälchen i. d. Schmelz menschlicher Zähne. — V,. f. Z. 1923, S. 21.
— Ueber Injekt. des Schmelzes durch die Zahnbeinkanälchen. — Z. f.St. 1926, S. 460.
Schönbeck, F.: Chemie f. Zahnärzte. Berlin 1921, Bd. I.
Sommer, K.: Zu den Untersuchungen v. Bauchwitz über die Durchwanderung v. Bakterien durch Schmelz u. Dentin. — Z. R. 1926, S. 744.
Türkheim, H.: Die Ernährung u. physikalische Chemie des Schmelzes. — V. f. Z. 1922, S. 468.
— Ueber die Bedeutung der Schmelzfärbung. — Z. f. St. 1922, S. 653.
— Cariesforschung. Fortschr. d. Zahnh. 1925, Bd. I, S. 104; 1929, Bd. I, S. 317; 1931, Bd. I, S. 361.
— Physiologische Chemie. Fortschr. d. Zahnh. 1925, Bd. I, S. 502; 1926, Bd. I, S. 592; 1928, Bd. I, S. 660; 1930, Bd. I, S. 607; 1931, Bd. I, S. 653.
— Ueber den sog. Schmelzstoffwechsel. — Z. f. St. 1925, S. 642.
Türkheim-Hanssen: Physiologische Chemie, Fortschr. d. Zahnh. 1932/33, Bd. I.
Urbantschitsch, E.: Ursachen u. Bahnen der endogenen Zahnverfärbungen. — Z. f. St. 1927, Nr. 1.
Walkhoff, O.: Ueber das vermeintliche Leben im Zahnschmelz durchgebrochener Zähne. — Z. f. St. 1925, S. 93.
Wassiljew u. Manjewitsch: Zu den Lebenseigenschaften des Zahnschmelzes u. d. anderen Zahngewebe. Die Permeabilität des Zahnschmelzes f. Chlor. — D. M. f. Z. 1929.
Weber, R.: Experimentelle Untersuchungen über die Frage der Remineralisation des Zahnschmelzes durch den Speichel. — Z. f. St. 1929, S. 912.
— Die Frage des Lebens in den harten Zahnsubstanzen und der Remineralisation des Schmelzes. — Z. R. 1930, S. 352.
Zilkens, K.: Pathologische Histologie d. Zähne. — Fortschr. d. Zahnh. 1925, Bd. I, 284; 1928, Bd. I, 291; 1930, Bd. I, 261; 1931, Bd. I, 292; 1932, Bd. I, 301.

## Lebenslauf.

Ich wurde am 30. 9. 1909 als Tochter des Landmessers und Kulturingenieurs, Kreisbaumeister Eugen Müller und seiner Ehefrau Marie geb. Jahnke in Briesen/Westpreußen geboren. Ich bin evangelischer Konfession und Arierin.

In Briesen/Westpreußen besuchte ich ab Ostern 1916 die Höhere Mädchenschule. 1920 wurden wir aus dem, durch den Friedensvertrag polnisch gewordenen Westpreußen ausgewiesen; wir lebten in Berlin und Schlesien, bis mein Vater 1922 in Bad Freienwalde/Oder Kreisbaumeister des Kreises Oberbarnim wurde. Hier besuchte ich das Lyzeum bis zur U III und wurde 1927 auf das Oberlyzeum Eberswalde umgeschult. Im Sommer 1929 verließ ich es. Vom Herbst 1929 bis Ostern 1930 besuchte ich in Berlin-Steglitz die Vorbereitungs-Anstalt von Dr. Eckes; anschließend legte ich wieder am Eberswalder Oberlyzeum meine Aufnahmeprüfung für U I ab. Ich bestand dort im April 1931 meine Reifeprüfung. Im Anschluß daran begann ich mit dem zahnärztlichen Studium an der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin. Nach drei Semestern legte ich die zahnärztliche Vorprüfung ab. Am 31. Juli 1936 bestand ich das zahnärztliche Staatsexamen mit dem Prädikat „Sehr gut“ und erhielt die staatliche Approbation als Zahnärztin.